

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JAIME WOJCIECHOWSKI

JCARBON - *SOFTWARE NA WEB COM DATA MINING* PARA ESTIMATIVAS DE
VOLUME, BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTAS

CURITIBA
2015

JAIME WOJCIECHOWSKI

JCARBON - *SOFTWARE NA WEB* COM *DATA MINING* PARA ESTIMATIVAS DE
VOLUME, BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTAS

Tese apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Doutor em Engenharia
Florestal, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Setor de Ciências
Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador:
Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Co-orientadores:
Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte
Prof. Dr. Rafael Romualdo Wandresen

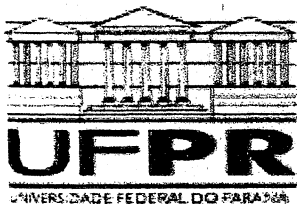
CURITIBA
2015

Wojciechowski, Jaime
W847 JCARBON - software na web com data mining para estimativas
de volume, biomassa e carbono em florestas / Jaime Wojciechowski.
– Curitiba, 2015.
172 f.: il., tabs, grafs.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta
Co-orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte
Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Romualdo Wandresen
Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Florestal.

1. Mensuração florestal. 2. Inventário florestal. 3. Software
Desenvolvimento. I. Sanquetta, Carlos Roberto. II. Corte, Ana Paula
Dalla. III. Wandresen, Rafael Romualdo. IV. Título. V. Universidade
Federal do Paraná.

CDD 634




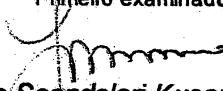
Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal


PARECER

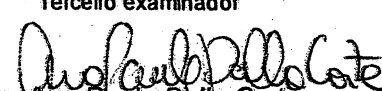
Defesa nº. 1122

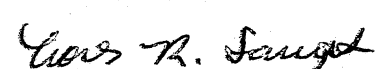
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Jaime Wojciechowski* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**JCARBON - SOFTWARE NA WEB COM DATA MINING PARA ESTIMATIVAS DE VOLUME, BIOMASSA E CARBONO EM FLORESTAS**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em **MANEJO FLORESTAL**.


Dr. Julio Cesar Nievola
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Primeiro examinador


Dr. Sandramara Scandelari Kusano de Paula Soares
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador


Dr. Sebastião do Amaral Machado
Universidade Federal do Paraná
Terceiro examinador


Dr. Ana Paula Dalfa Corte
Universidade Federal do Paraná
Quarto examinador


Dr. Carlos Roberto Sanquetta
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 29 de junho de 2015.


Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Dedico este trabalho
à minha amada esposa Irene,
aos meus amados filhos Jean, Juliana e Gabriel,
e aos meus pais Teófilo e Olga e segunda mãe Terezinha.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À minha amada esposa **Irene**, companheira de alma, parceira, cúmplice e grande amor da minha vida.

Aos meus amados filhos **Jean**, **Juliana** e **Gabriel**, razões desta minha existência, pelo amor e confiança.

Aos meus pais **Teófilo** e **Olga** e minha segunda mãe **Terezinha**, cujos valores aprendidos pelo exemplo dão a sustentação para minha vida.

Aos meus queridos irmãos **Julio**, **Jane**, **Janice** e **Tais** pela confiança incondicional.

A toda a minha família, em especial minha sobrinha **Márcia**, pelo carinho.

Aos queridos orientadores **Carlos Roberto Sanquetta** e **Ana Paula Dalla Corte**, exemplos de profissionais, docentes e pesquisadores, sempre disponíveis e entusiastas a quem rendo admiração e profundo agradecimento.

Aos professores e colegas do programa, em especial **Prof Sebastião Machado** pela dedicação e motivação, símbolo de conduta para todos nós.

Ao meu amigo e irmão **Paulo Vitor dos Santos Zeferino**, pela disposição em oferecer seu bem mais precioso, seu tempo, dedicado em ajudar com satisfação e doação.

Ao meu amigo e irmão **Razer Anthom Nizer Rojas Montaña**, pela força, motivação e companheirismo nas horas difíceis.

Aos colegas de trabalho, em especial **Rafael Romualdo Wandresen** pela colaboração e meus diretores **Luiz Antonio Passos Cardoso** e **Silvana Maria Carbonera**, pela confiança e pela liberação para minha dedicação ao curso.

RESUMO

Devido à crescente preocupação com as emissões de gases do efeito estufa e a necessidade de se mitigar estes efeitos por meio do cultivo florestal, é de grande importância aumentar o controle e a quantificação dos plantios florestais. As atividades de mensuração e inventário florestal desempenham um importante papel nesse contexto. O objetivo deste trabalho é trazer para a área florestal uma ferramenta de *software* que auxilie nas estimativas de volume, biomassa e, principalmente, do carbono, que centralize os dados de diversos locais, ofereça ao especialista um conjunto de opções para fazer estimativas e realize estes cálculos de forma sistematizada, rápida e que os resultados sejam armazenados e disponibilizados instantaneamente para toda a comunidade florestal. Neste trabalho foi desenvolvido o *software* JCarbon, que estará disponível na *web* para consultas às estimativas realizadas por outros pesquisadores, inclusão de novos locais estudados, realização de inventário florestal, aplicação de equações padrões por características de local, seleção ou inclusão de equações, ajuste de modelos padrões, selecionados ou incluídos no *software*. Também traz para a área florestal uma técnica da ciência da computação conhecida como *Data Mining*, que faz cálculo de volume, biomassa e carbono sem a necessidade de uma equação ou modelo, contribuindo assim, para que um novo paradigma seja usado e sirva de parâmetro de comparação com as técnicas tradicionais da área florestal. O software trouxe um ganho na realização das estimativas em relação às técnicas tradicionais permitindo que sejam feitas de forma mais rápida e precisa e os dados produzidos disponíveis para a consulta de toda a comunidade florestal.

Palavras-chave: Carbono. Mensuração Florestal. Inventário Florestal. *Software*. *Data Mining*.

ABSTRACT

Due to the growing concern with greenhouse gases emission and the need to mitigate these effects through forest cultivation, a point of great importance is to increase control and quantification of forest planting. Measuring activities and forestry inventory play an important role in this context. The goal of this work is to bring to the forestry sector a software tool that helps with volume, biomass and, mainly, carbon estimates, centralizes data from several places, offers specialists a set of options to make these estimates and to perform calculations in a systematic and quick way, and that the results would be stored and made available instantly for all the forestry community. In this work, the software JCarbon was developed and it will be available online for consulting the estimates performed by other researchers, inclusion of new studied sites, creation of forestry inventory, application of standard equations by local characteristics, selection or inclusion of equations and adjustment of standard models, selected or included in the software. Also, it brings to the forestry sector a technique from Computer Science known as Data Mining, that calculates volume, biomass and carbon without the need for an equation or model, therefore, contributing to make a new paradigm be used and serve as a parameter of comparison with forestry sectors' traditional techniques.

Key-words: Carbon. Forest Measurement. Forest Inventory. Software. Data Mining.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – TELA INICIAL DO SISTEMA CO2FIX	25
FIGURA 2 - TELA INICIAL DO SISTEMA SISPINUS	26
FIGURA 3 – TELA INICIAL DO SISTEMA NEUROFOREST.....	28
FIGURA 4 – MODELO ESPIRAL	35
FIGURA 5 – PROCESSO UNIFICADO.....	36
FIGURA 6 - EXEMPLO DE CLASSE	40
FIGURA 7 – EXEMPLOS DE ASSOCIAÇÃO SIMPLES ENTRE CLASSES.....	43
FIGURA 8 – EXEMPLOS DE AGREGAÇÃO ENTRE CLASSES	44
FIGURA 9 – EXEMPLO DE GENERALIZAÇÃO ENTRE CLASSES	46
FIGURA 10 – EXEMPLO DE CLASSE DE ASSOCIAÇÃO.....	47
FIGURA 11 – ÁREAS RELACIONADAS COM A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	50
FIGURA 12 – ETAPAS DO PROCESSAMENTO COM <i>DATA MINING</i>	52
FIGURA 15 - FLUXOGRAMA COM AS OPÇÕES DE CÁLCULOS DO JCARBON .	55
FIGURA 17 – REPRESENTAÇÃO DE ÁRVORES E SEUS VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS	74
FIGURA 18 - FLUXOGRAMA DE ESTIMATIVA DE VOLUME COM DM	75
FIGURA 19 - COMPONENTES DA TECNOLOGIA DO SOFTWARE	78
FIGURA 22 - TECNOLOGIAS USADAS NA CAMADA SERVIDOR.....	79
FIGURA 23 – TELA INICIAL DO JCARBON.....	83
FIGURA 24 – MENU - LOCAIS	84
FIGURA 25 – TELA NOVO LOCAL - COORDENADAS	84
FIGURA 26 – TELA NOVO LOCAL – DADOS BÁSICOS.....	85
FIGURA 27 – TELA NOVO LOCAL – CÁLCULO DO VOLUME	86
FIGURA 28 - CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 1 – FLORESTA NATIVA	87
FIGURA 29 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 2 – FLORESTA PLANTADA	88

FIGURA 30 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 2	89
FIGURA 31 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 3	89
FIGURA 32 – EXEMPLO DE ARQUIVO DE PARCELAS	90
FIGURA 33 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 3 – RESULTADO	91
FIGURA 34 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 3 – DETALHES	91
FIGURA 35 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 4 – FLORESTA NATIVA	94
FIGURA 36 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 4 – FLORESTA PLANTADA	95
FIGURA 37 – EXEMPLO DE ARQUIVO DE ÁRVORES	96
FIGURA 38 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 4 – RESULTADO	97
FIGURA 39 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 4 – DETALHES	98
FIGURA 40 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 4 – PLANILHA	98
FIGURA 41 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 5	99
FIGURA 42 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 6	101
FIGURA 43 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 7 – FLORESTA NATIVA	103
FIGURA 44 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 7 – FLORESTA PLANTADA ...	104
FIGURA 45 – EXEMPLO DE ARQUIVO DE ÁRVORES PARA O AJUSTE	105
FIGURA 46 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 7 – RESULTADO DO AJUSTE	106
FIGURA 47 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 7 – DETALHES	107
FIGURA 48 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 7 – PLANILHA	107
FIGURA 49 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 8	109
FIGURA 50 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 9	111
FIGURA 51 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 10	113
FIGURA 52 – EXEMPLO DE ARQUIVO DE ÁRVORES PARA O AJUSTE COM DATA MINING	114
FIGURA 53 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 10 – RESULTADO DO AJUSTE	115
FIGURA 54 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 10 – DETALHES DO AJUSTE	116

FIGURA 55 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 10 – DETALHES DO AJUSTE – PLANILHA	116
FIGURA 56 – CÁLCULO DA BIOMASSA	118
FIGURA 57 – CÁLCULO DA BIOMASSA – OPÇÃO 0	119
FIGURA 58 – CÁLCULO DA BIOMASSA – OPÇÃO 0 – RESULTADO	120
FIGURA 59 – CÁLCULO DA BIOMASSA – OPÇÃO 0 – RESULTADO	121
FIGURA 60 – CÁLCULO DO CARBONO	122
FIGURA 61 – CÁLCULO DO CARBONO – OPÇÃO 0	123
FIGURA 62 – CÁLCULO DO CARBONO – OPÇÃO 0 – RESULTADO	124
FIGURA 63 – CONSULTA LOCAL – LISTA.....	125
FIGURA 64 – CONSULTA LOCAL – DETALHES.....	126
FIGURA 65 – CONSULTA LOCAL – PLANILHA DE DADOS	127
FIGURA 66 – CONSULTA LOCAL – PLANILHA DE AJUSTE – VOLUME	127
FIGURA 67 – CONSULTA LOCAL – PLANILHA DE CÁLCULOS – VOLUME.....	128
FIGURA 68 – CADASTRO DE VARIÁVEIS – LISTA	129
FIGURA 69 – CADASTRO DE VARIÁVEIS - NOVA VARIÁVEL	130
FIGURA 70 – DIAGRAMA DE CLASSES DO SOFTWARE JCARBON	132
FIGURA 71– CLASSE LOCAL	139
FIGURA 72 – CLASSE PARCELA	142
FIGURA 73 – CLASSE ARVORE.....	143
FIGURA 74 – CLASSE ARVORE – RELACIONAMENTO COM VARIÁVEIS	144
FIGURA 75 – CLASSE ARVOREAJUSTE	145
FIGURA 76 – CLASSE ARVOREAJUSTE – RELACIONAMENTO COM VARIÁVEIS	146
FIGURA 77 – CLASSE EQUACAO	146
FIGURA 78 – CLASSE MODELO	147
FIGURA 79 – CLASSE ESTATISTICAAJUSTE	148
FIGURA 80 – CLASSE ESTATISTICAINVENTARIO.....	150

FIGURA 81 – CLASSE VALORPADRAO	151
FIGURA 82 – CLASSE FUNCAOCONVERSAO.....	152

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – VALORES PADRÕES DE VOLUME (M ³ /HA) PARA FLORESTAS NATIVAS E BIOMA MATA ATLÂNTICA	67
TABELA 2 – VALORES PADRÕES DE BIOMASSA (T/HA) PARA FLORESTAS NATIVAS E BIOMA MATA ATLÂNTICA	67
TABELA 3 – VALORES PADRÕES DE CARBONO (T/HA) PARA FLORESTAS NATIVAS E BIOMA MATA ATLÂNTICA	68
TABELA 4 – VALORES PADRÕES PARA FLORESTAS PLANTADAS COM IDADE DE 20 ANOS	68
TABELA 5 – EXEMPLO DE BASE DE INSTÂNCIAS	72
TABELA 6 – EXEMPLO DE REGRESSÃO LINEAR – DADOS DE ENTRADA.....	81
TABELA 7 - RESULTADO DO AJUSTE DO EXPERIMENTO UTILIZANDO O JCARBON	154
TABELA 8 - RESULTADOS DAS ESTIMATIVAS DO EXPERIMENTO USANDO O JCARBON	155

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ESPECIFICADORES DE ACESSO DE MEMBROS DE CLASSE.....	40
QUADRO 2 – TIPOS DE DADOS PRIMITIVOS NA LINGUAGEM JAVA.....	41
QUADRO 3 – VALORES PARA A CLASSE ARVORE	47
QUADRO 4 – VALORES PARA A CLASSE VARIARELVORE.....	47
QUADRO 5 – VALORES PARA A CLASSE VARIARELV	47
QUADRO 6 – ESTATÍSTICAS CALCULADAS NO INVENTÁRIO FLORESTAL.....	58
QUADRO 7 – OPERADORES MATEMÁTICOS	60
QUADRO 8 – ESTATÍSTICAS DO AJUSTE DE MODELOS	62
QUADRO 9 – EQUAÇÕES PADRÕES PARA FLORESTAS NATIVAS	69
QUADRO 10 – EQUAÇÕES PADRÕES PARA FLORESTAS PLANTADAS	70
QUADRO 11 – TIPOS DE DISTÂNCIA.....	71
QUADRO 12 – BIBLIOTECAS UTILIZADAS NO SOFTWARE.....	77
QUADRO 13 – TELA NOVO LOCAL – DADOS BÁSICOS.....	85
QUADRO 14 – TIPOS DE ESTIMATIVAS REALIZADAS PELO JCARBON	137
QUADRO 15 – CLASSE LOCAL - ATRIBUTOS	140
QUADRO 16 – CLASSE LOCAL - MÉTODOS	140
QUADRO 17 – CLASSE LOCAL – ATRIBUTOS ASSOCIADOS	141
QUADRO 18 – CLASSE PARCELA - ATRIBUTOS	142
QUADRO 19 – CLASSE PARCELA - MÉTODOS	142
QUADRO 20 – CLASSE ARVORE - ATRIBUTOS.....	143
QUADRO 21 – CLASSE ARVORE - MÉTODOS	143
QUADRO 22 – CLASSE ARVOREAJUSTE - ATRIBUTOS.....	145
QUADRO 23 – CLASSE ARVOREAJUSTE - MÉTODOS	145
QUADRO 24 – CLASSE EQUACAO - ATRIBUTOS.....	146

QUADRO 25 – CLASSE EQUACAO - MÉTODOS	147
QUADRO 26 – CLASSE EQUACAO – ATRIBUTOS ASSOCIADOS	147
QUADRO 27 – CLASSE MODELO - ATRIBUTOS	147
QUADRO 28 – CLASSE MODELO - MÉTODOS.....	148
QUADRO 29 – CLASSE MODELO – ATRIBUTOS ASSOCIADOS.....	148
QUADRO 30 – CLASSE ESTATISTICAAJUSTE - ATRIBUTOS.....	149
QUADRO 31 – CLASSE ESTATISTICAAJUSTE - MÉTODOS	149
QUADRO 32 – CLASSE ESTATISTICAAJUSTE – ATRIBUTOS ASSOCIADOS ..	149
QUADRO 33 – CLASSE ESTATISTICAINVENTARIO - ATRIBUTOS.....	150
QUADRO 34 – CLASSE ESTATISTICAINVENTARIO - MÉTODOS	150
QUADRO 35 – CLASSE ESTATISTICAINVENTARIO – ATRIBUTOS ASSOCIADOS	150
QUADRO 36 – CLASSE VALORPADRAO - ATRIBUTOS	151
QUADRO 37 – CLASSE VALORPADRAO – ATRIBUTOS ASSOCIADOS.....	151
QUADRO 38 – CLASSE FUNCAOCONVERSAO - ATRIBUTOS.....	152
QUADRO 39 – CLASSE FUNCAOCONVERSAO – ATRIBUTOS ASSOCIADOS .	152
QUADRO 40 - MODELOS/VARIAÇÕES DM USADOS NO EXPERIMENTO	153

LISTA DE SIGLAS

CSS	–	<i>Cascade Style Sheets</i>
DAP	–	Diâmetro à Altura do Peito (1,30m)
FAO	–	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura)
HTML	–	<i>Hiper Text Markup Language</i>
IA	–	Inteligência Artificial
IDE	–	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
IEEE	–	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos)
KDD	–	<i>Knowledge Discovery in Database</i> (Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados)
RNA	–	Redes Neurais Artificiais
SQL	–	<i>Structured Query Language</i> (Linguagem de Consulta Estruturada)
UFPR	–	Universidade Federal do Paraná
UML	–	<i>Unified Modeling Language</i> (Linguagem de Modelagem Unificada)
UP	–	<i>Unified Process</i> (Processo Unificado)
URL	–	<i>Uniform Resource Locator</i> (Localizador Uniforme de Recursos)
XP	–	<i>Extreme Programming</i> (Programação Extrema)
SVM	–	<i>Support Vector Machine</i> (Máquinas de Vetores de Suporte)
OLS	–	<i>Ordinary Least Squares</i> (Método dos Quadrados Mínimos)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo geral	19
1.1.2 Objetivos Específicos	20
2 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 CARBONO	21
2.2 SISTEMAS INFORMATIZADOS NA ÁREA FLORESTAL	23
2.2.1 CO2Fix	24
2.2.2 Sispinus	25
2.2.3 NeuroForest	27
2.3 INVENTÁRIO FLORESTAL	28
2.3.1 Métodos Diretos e Indiretos e as Incertezas das Estimativas	30
2.4 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE ORIENTADO A OBJETOS	31
2.4.1 Modelos de processos de desenvolvimento de <i>software</i>	32
2.4.2 Modelagem orientada a objetos	37
2.5 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DATA MINING	48
2.5.1 <i>Data Mining</i>	50
2.5.2 Classificador Baseado em Instâncias	53
3 MATERIAL E MÉTODOS	55
3.1 METODOLOGIA DO SOFTWARE JCARBON	55
3.1.1 Cálculo do volume utilizando valores padrões	56
3.1.2 Cadastro do volume total do local	56
3.1.3 Cálculo do volume utilizando dados de parcelas	57
3.1.4 Cálculo do volume utilizando uma equação padrão	58
3.1.5 Cálculo do volume selecionando uma equação cadastrada	60
3.1.6 Cálculo do volume cadastrando uma nova equação	60
3.1.7 Cálculo do volume utilizando um modelo matemático padrão	61
3.1.8 Cálculo do volume selecionando um modelo cadastrado	63
3.1.9 Cálculo do volume cadastrando um novo modelo matemático	64
3.1.10 Cálculo do volume utilizando <i>Data Mining</i> com Classificador Baseado em Instâncias	64
3.1.11 Equação de conversão de volume em biomassa	65
3.1.12 Equação de conversão de volume e/ou biomassa em carbono	66
3.2 VALORES, EQUAÇÕES E MODELOS PADRÕES	67
3.2.1 Valores Padrões	67
3.2.2 Equações Padrões	69
3.2.3 Modelos Padrões	70
3.3 UTILIZAÇÃO DE DATA MINING COM CLASSIFICADOR BASEADO EM INSTÂNCIA PARA ESTIMAR VOLUME, BIOMASSA E CARBONO	71
3.3.1 Variações utilizando vizinhos mais próximos	73
3.4 TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA A CONSTRUÇÃO DO SOFTWARE	75
3.5 REGRESSÃO LINEAR NA LINGUAGEM JAVA	79
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
4.1 APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE JCARBON	82
4.1.1 Incluir Locais	84

4.1.2	Cálculo do Volume do Local	85
4.1.3	Cálculo da Biomassa do Local.....	117
4.1.4	Cálculo do Carbono do Local.....	121
4.1.5	Consultar Locais	124
4.1.6	Menu Cadastros.....	128
4.2	MODELAGEM DAS CLASSES DO SOFTWARE JCARBON.....	130
4.2.1	Classes de Domínio.....	133
4.2.2	Classes Principais.....	139
4.3	EXPERIMENTO UTILIZANDO O SOFTWARE JCARBON	153
5	CONCLUSÕES	157
6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	159

1 INTRODUÇÃO

O cultivo florestal desempenha importante papel na absorção dos Gases de Efeito Estufa (GEEs), devido à capacidade de fixar quantidades de carbono na vegetação em longo prazo, amenizando assim, os problemas de mudanças climáticas. As florestas funcionam como sumidouros de carbono (SANQUETTA; BALBINOT, 2004).

A velocidade e a intensidade com que estão ocorrendo mudanças no sistema climático do planeta, a partir da revolução industrial, tem sido objeto de preocupação de cientistas e líderes mundiais, principalmente nas últimas décadas. O modelo do clima, método que analisa o sistema climático numa abordagem de processos físicos e dinâmicos, indicou uma perspectiva de maior frequência desses fenômenos extremos do clima entre os anos de 2091 e 2100 (IPCC, 2003).

Dentro deste contexto, cresce a demanda por maior controle das atividades que estão envolvidas não somente no processo de geração dos GEE, mas também no monitoramento e estudo das florestas que desempenham um importante papel na mitigação destes efeitos. É necessária a modernização dos processos de controle, rapidez nas pesquisas e produção de resultados que balizem os tomadores de decisões.

As atividades de mensuração e inventário florestal são de grande importância para a produção destes resultados. Essas atividades necessitam, além das técnicas oriundas da própria ciência florestal, técnicas de outras áreas que auxiliem na obtenção rápida e precisa dos resultados que interessam. Uma destas áreas é a ciência da computação. Podemos verificar que em todas as áreas do conhecimento, se faz necessária a utilização não somente de sistemas informatizados, como também de técnicas de computação estudadas e desenvolvidas para solucionar problemas de outras áreas. Para exemplificar, pode-se citar métodos matemáticos que dificilmente poderiam ser utilizados em larga

escala não fosse por meio de um *software*, não somente pela complexidade, mas também pelo excesso de dados manipulados, tarefa que um sistema informatizado realiza com maior agilidade, rapidez e precisão.

No meio florestal, é de grande importância explorar novas técnicas. Muitos cálculos realizados principalmente na mensuração e inventário florestal são feitos com técnicas tradicionais (como por exemplo, regressão linear para ajuste de modelos), porém existem diversas ferramentas da ciência da computação utilizadas em outras áreas do conhecimento e produzindo bons resultados que poderiam ser incorporadas pela ciência florestal. Como exemplo, pode-se citar RNA - Redes Neurais Artificiais, *Data Mining*, dentre outras.

Ainda nesta linha, os processos, precisam ficar mais ágeis e dinâmicos. É necessário é que os métodos fiquem encapsulados em *softwares* que produzam o resultado a partir de dados de entrada e que o especialista empregue seu tempo somente em análise e prospecção, não tendo que ocupar-se aplicando fórmulas e produzindo os resultados quase de forma manual.

Com a crescente globalização e disseminação ampla da informação por meio da *internet*, é de grande importância que os estudos, pesquisas e trabalhos realizados sejam difundidos e mostrados de maneira rápida e dinâmica. Neste sentido, a produção de *softwares* que estejam disponíveis na *web* produz uma maior agilidade na divulgação de informações, fazendo que os resultados obtidos sejam compartilhados instantaneamente com outros especialistas.

Este trabalho apresenta um *software* que tem por objetivo cobrir as questões citadas. Procura sistematizar e informatizar técnicas consagradas da área florestal e também propor novas técnicas advindas de outras áreas do conhecimento. Além disso, foi desenvolvido numa arquitetura para *web* onde o *software* estará disponível para toda a comunidade pelo acesso direto pela *internet*. Além de poder realizar suas simulações e cálculos de forma mais ágil que os processos atuais (sem a utilização de *software* específico), o pesquisador terá a opção de consultar outros trabalhos relacionados ao assunto de interesse.

O *software* JCarbon é um sistema para auxiliar nas estimativas de volume, biomassa e carbono. Tem implementadas as principais técnicas empregadas para realizar estas estimativas e propõe uma nova oriunda da ciência da computação. Possui um banco de dados capaz de armazenar informações de locais cadastrados que podem ser visualizados espacialmente com o Google Maps©. Tais informações compreendem, além dos dados básicos dos locais como localização, área, características do plantio, como informações de parcelas, dimensões das árvores, equações e modelos utilizados para os cálculos e, principalmente, os valores totais de volume, biomassa e carbono calculados automaticamente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um *software* para auxiliar nas atividades de mensuração e inventário florestal a fim de estimar o volume, biomassa e carbono das florestas, implementando em programas as principais técnicas destas áreas e propondo a técnica de Data Mining com o Classificador Baseado em Instâncias para obtenção dos resultados. Tal *software* possui a característica de estar disponível para ser acessado pela *web* e construído com uma arquitetura de *software* que facilita a consulta aos dados produzidos por pesquisadores e disseminação dos seus resultados.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Informatizar as técnicas consagradas na área florestal como Regressão Linear para ajuste de modelos, inventário florestal, dentre outras, para as atividades de mensuração e inventário florestal, principalmente nas estimativas de volume, biomassa e carbono.
- b) Propor a técnica *Data Mining* com Classificador Baseado em Instâncias (KNN – *K-Nearest Neighbor*) para obtenção dos valores destas variáveis de interesse.
- c) Programar o *software* utilizando metodologias modernas de desenvolvimento de sistemas e uma arquitetura para *web*.
- d) Construir e disponibilizar um banco de equações e locais com os cálculos de volume, biomassa e carbono para ambientes florestais.
- e) Utilizar o *software* para comparar os resultados de ajustes de modelos e *Data Mining* com Classificador Baseado em Instâncias.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo tem como objetivo descrever os principais conceitos utilizados no desenvolvimento do *software* JCarbon.

2.1 CARBONO

A biosfera terrestre desempenha um papel importante no ciclo global do carbono. Em média, na década de 1990, ela absorveu 2,3 bilhões de toneladas de carbono correspondentes a 36% de emissões anuais de combustíveis fósseis (FAO, 2001). Estes dados são importantes para motivar os pesquisadores a aumentar possibilidades de absorção do carbono da atmosfera por meio do cultivo de árvores. A intenção é produzir um manejo sustentável que atinja objetivos comerciais e de sobrevivência da sociedade, diminuindo ao mesmo tempo a degradação causada por emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Vários acordos foram firmados em conferências mundiais para tentar sensibilizar os países da importância de se instituir políticas que levem em conta a sustentabilidade do planeta devido à excessiva emissão de gases a partir da Revolução Industrial. Em virtude destas decisões, há uma grande necessidade da criação de sistemas informatizados para quantificar o estoque e dinâmica do carbono dos ecossistemas florestais.

As florestas, terras agrícolas e outros ecossistemas terrestres oferecem um grande potencial de mitigação de carbono (IPCC, 2003). O sequestro florestal de carbono refere-se ao processo de mitigação biológica das plantas que absorvem o carbono da atmosfera e o fixa em forma de matéria lenhosa ou biomassa. Esse processo é aplicado desde a preservação de áreas florestais com risco de serem destruídas até a recuperação de áreas degradadas, como também no

estabelecimento de novas plantações florestais englobando também, sistemas agroflorestais com espécies nativas ou exóticas.

O cultivo florestal desempenha um importante papel na absorção dos gases de efeito estufa (GEEs), devido à sua capacidade de fixar quantidades de carbono na vegetação em longo prazo, amenizando assim, os problemas de mudanças climáticas. As florestas funcionam como sumidouros de carbono (SANQUETTA; BALBINOT, 2004).

Segundo informação extraída do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas de 2001, (IPCC, 2003), a velocidade e a intensidade com que estão ocorrendo mudanças no sistema climático da Terra, a partir da Revolução Industrial, é que tem sido objeto de preocupação de cientistas e líderes mundiais, principalmente nas últimas décadas. O modelo de clima, método que analisa o sistema climático numa abordagem de processos físicos e dinâmicos, indicou uma perspectiva de maior frequência desses fenômenos extremos do clima entre os anos de 2091 e 2100. Nos próximos 50 anos haverá menos dias de frio com geadas do que dias com incidência de ondas de calor, apresentando conseqüentemente, estações com climas mais quentes.

Para Corte e Sanquetta (2007), a dinâmica de uso e cobertura da terra é entendida como as mudanças, ao longo do tempo, da cobertura vegetal em diferentes classes de vegetação, sendo que cada uma destas classes possui estoques de carbono diferentes e a dinâmica de uso e cobertura implica na emissão ou sequestro de carbono para a atmosfera. O período de vida de uma árvore pode ser de décadas e até de séculos, embora, após a fase de maturidade, os incrementos geralmente sejam bem menores que aqueles verificados em fases anteriores. Então, é possível mencionar que árvores possuem a capacidade permanente de captura e fixação de carbono enquanto vivas. Daí vem a importância de florestas como meio de armazenamento de carbono por períodos longos.

De acordo com Gardner e Mankin (1981), os ecossistemas florestais contêm cerca de 90% da biomassa terrestre e cobrem aproximadamente 40% de sua

superfície. As florestas, além de serem importantes depósitos de carbono, também contribuem com a fixação ou sequestro de carbono.

Segundo Sanquetta e Mattei (2006), é necessário o desenvolvimento de metodologias que permitam utilizar estimativas de volume e biomassa em diferentes partes das árvores e em compartimentos das florestas, as quais são convertidas em quantidades de carbono pela utilização de fatores de conversão, ou seja, a quantidade de carbono estocada nas florestas de forma indireta principalmente devido ao custo elevado para obtenção da quantidade de carbono presente em diferentes compartimentos da floresta.

Diversos trabalhos foram desenvolvidos para se quantificar o estoque de carbono de variadas espécies e formações florestais, como Mognon (2011) e Doubrawa (2013).

2.2 SISTEMAS INFORMATIZADOS NA ÁREA FLORESTAL

A crescente demanda de cálculos envolvendo uma grande quantidade de dados da área de Engenharia Florestal necessita de sistemas informatizados cada vez mais robustos e abrangentes, que não apenas realizem os cálculos e determinem seus resultados, mas também sejam eficientes em disponibilizar seus resultados a toda comunidade acadêmica por meio da *web*.

A consequente complexidade da gestão dos recursos florestais que as indústrias necessitam, indicam que a produção de *software* deve seguir essa complexidade a fim de oferecer mecanismos rápidos, ágeis e seguros para o suporte ao negócio florestal.

Segundo Oliveira (2004), o conceito de gestão de informação pressupõe que a informação é um bem, igual a tantos outros, para a organização, sendo uma arma estratégica indispensável para a obtenção de vantagens competitivas. A informação

consiste num conjunto de dados processados de modo que façam sentido para o seu utilizador e constituam um valor real para as suas decisões (VARAJÃO, 2000).

Neste contexto, a área de Engenharia Florestal não é exceção. Muitas ferramentas são utilizadas, algumas genéricas que realizam todo tipo de cálculo (como por exemplo, a planilha eletrônica Microsoft Excel®), e outros *softwares* mais específicos para a área, customizados para cálculos específicos que serão detalhados nas seções seguintes.

2.2.1 CO2Fix

O *software* CO2FIX é uma ferramenta que quantifica os estoques de carbono em todos os compartimentos da árvore bem como toda a cadeia de produtos de madeira. Os estoques de carbono são calculados levando-se em conta o crescimento, a rotação, a mortalidade e a colheita.

Possui diversos módulos, cada um responsável por um determinado aspecto da quantificação. O módulo de bioenergia calcula as emissões de gases com efeito de estufa, o módulo financeiro calcula custos, receitas e indicação da rentabilidade do projeto, o módulo de contabilidade de carbono, calcula uma indicação da quantidade de créditos que podem ser gerados com o projeto. Os resultados de todos os módulos são produzidos em tabelas e gráficos.

Desde a sua criação em 2001, mais de 3000 usuários de mais de 75 países instalaram o *software* e aplicaram-no em vários estudos.

A desvantagem do *software* é que sua execução é somente em um mesmo computador, ou seja, o *software* deve ser instalado e executado no computador e seus dados não são compartilhados com outros usuários, sendo assim, não é executado na *web* e não permite o compartilhamento e atualização das informações.

O CO2FIX está disponível gratuitamente a partir da *web* (SCHELHAAS *et al.*, 2004).

A Figura 1 mostra a tela inicial do sistema CO2Fix.

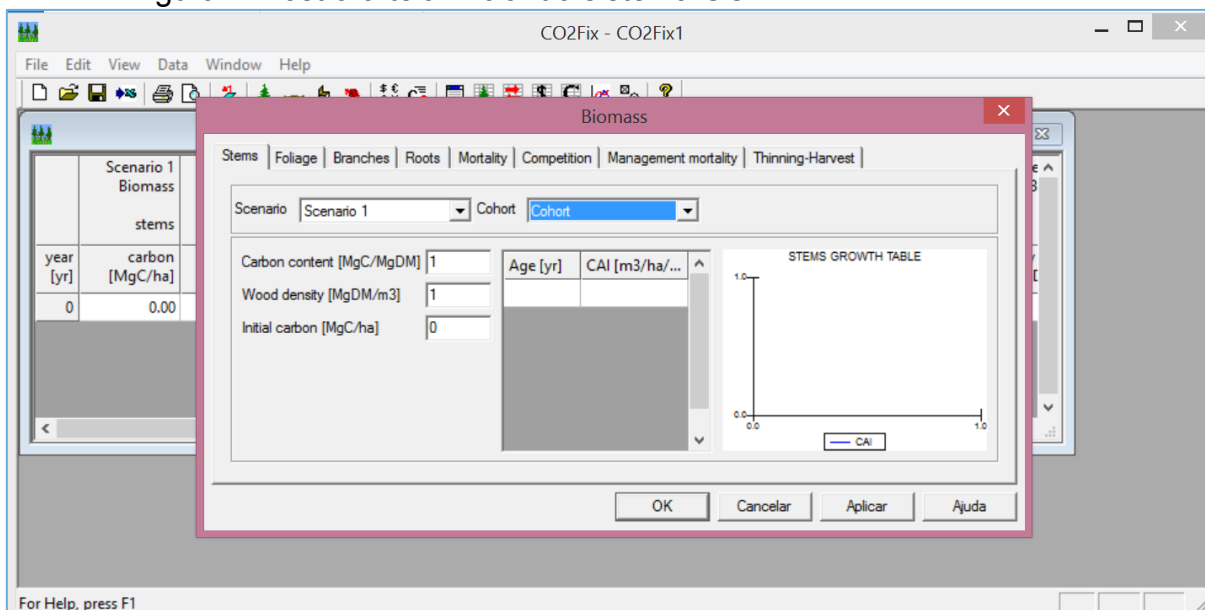


FIGURA 1 – TELA INICIAL DO SISTEMA CO2FIX
FONTE: (SCHELHAAS ET AL., 2004)

2.2.2 Sispinus

Segundo a Embrapa, produtora do *software*, o Sispinus procura simular como a floresta cresce e produz segundo parâmetros informados e regimes de manejo que o próprio usuário indica (SISPINUS, 2015).

Diferentemente de culturas agrícolas, as florestas não possuem sistemas de produção fixos. Cada povoamento exige um manejo específico, que envolve tratamentos variados como desbastes de diferentes tipos, intensidades e épocas, e variações na idade do corte final. Estes tratamentos variam em função de fatores como: objetivo industrial da produção, qualidade do local (solo, clima), material genético, espaçamento e densidade.

O objetivo é orientar o produtor rural com tecnologias adequadas para o manejo e planejamento florestal, fornecendo informações que permitam otimizar a produção e aumentar a renda. Os usuários podem testar por meio de *softwares*, as espécies *Pinus caribaea*, *P. elliottii* e *P. taeda*, e para cada condição de clima e solo, todas as opções de manejo da floresta, fazer prognósticos de produções presentes e

futuras, efetuar análises econômicas e, depois, optar pela melhor alternativa de manejo. O sistema auxilia as tomadas de decisões sobre: quando, quanto e como desbastar; e quando realizar o corte final. Com a quantificação da madeira produzida por tipo de utilização industrial, o produtor pode manejar suas florestas para a produção de madeira direcionada ao uso mais rentável. O *software* fica instalado no computador do usuário, e as informações são disponibilizadas via consulta em tela e por emissão de relatórios. Além disso, informações sobre “Sistemas de Produção” desenvolvidos pela Embrapa, Florestas para Pinus, podem ser acessados diretamente ou por links nos *softwares*.

Assim como o CO2Fix, o Sispinus não é um *software* que se executa na *web*, ou seja, seus dados ficam armazenados no computador que fora instalado, portanto não há possibilidade de ser compartilhado na *web*.

A Figura 2 mostra a tela inicial do sistema Sispinus.

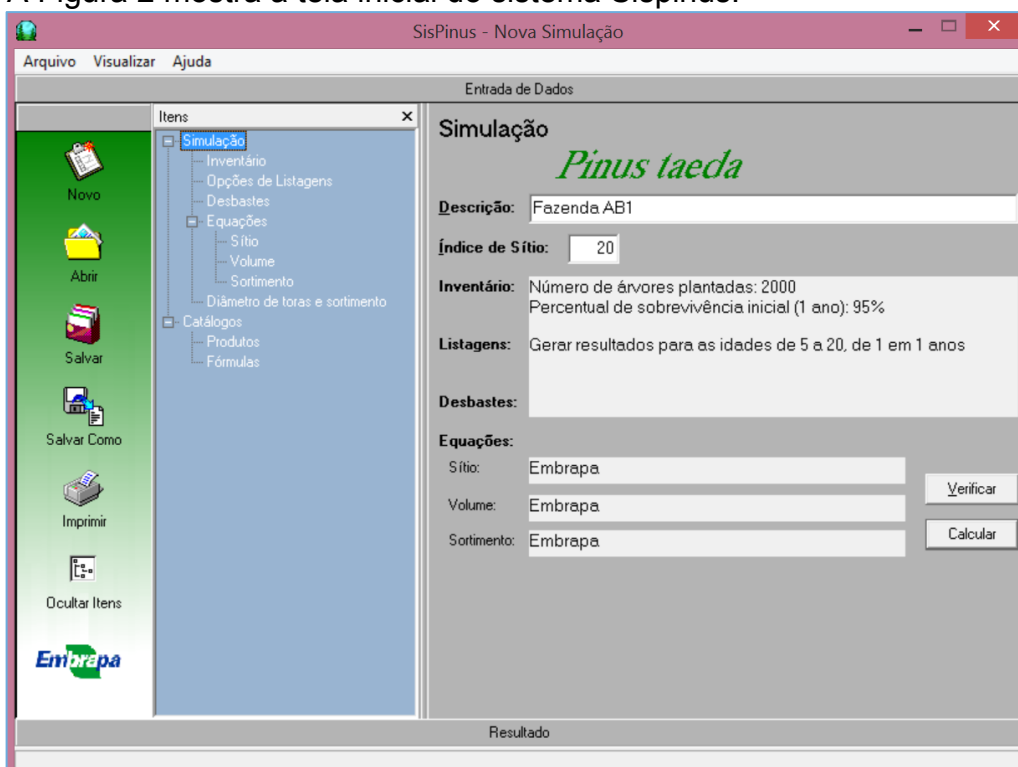


FIGURA 2 - TELA INICIAL DO SISTEMA SISPINUS
FONTE: (SISPINUS, 2015)

2.2.3 NeuroForest

O projeto NeuroForest foi criado com o objetivo de difundir o conhecimento em Inventário, Mensuração e Manejo Florestal, por meio da divulgação de *softwares* gratuitos (NEUROFOREST, 2015).

O *software* tem como principal objetivo realizar estimativas utilizando Redes Neurais Artificiais, um ramo da Inteligência Artificial difundido em várias áreas do conhecimento. Está preparado para estimar volume, biomassa e carbono utilizando conceitos de Redes Neurais. Basicamente a dinâmica do seu funcionamento não difere da utilização em outras áreas, de posse de um conjunto de treinamento, que no caso da área florestal, seria um conjunto de árvores com suas dimensões e volume observado. O *software* treina uma rede para “aprender” com esse conjunto. Após treinar a rede e definir um conjunto de pesos que representem esse conjunto, o *software* está preparado para estimar o volume de novos indivíduos.

Ele contém ampla variedade de opções para simulação de redes neurais artificiais como dispositivos de solução de problemas, permitindo a total liberdade para a seleção de centenas de tipologias, dependendo do tipo de problema e demanda do usuário. Além disso, o NeuroForest já está sendo utilizado em escala operacional em mais de 500 mil hectares de florestas plantadas e gerou uma redução no custo de aproximadamente 25% para coletar dados de parcelas com o propósito de se fazer o inventário florestal. Como exemplo de grandes empresas que já estão utilizando este sistema em escala operacional, tem-se: Celulose Nipo Brasileira – CENIBRA, DURATEX, QUEIROZ GALVÃO e SINOBRAS. No caso da SINOBRAS, a utilização do sistema Select da família Neuroforest conseguiu reduzir o custo em até 50% para coletar dados em parcelas permanentes de inventário florestal contínuo (NEUROFOREST, 2015).

Dentre os trabalhos que utilizaram o *software*, pode-se citar a estimativa de altura de árvores em povoamento de *Eucalyptus* localizados na Bahia (BINOTTI,

2012) onde a utilização do *software* obteve resultados superiores aos modelos hipsométricos tradicionais.

A Figura 3 mostra a tela inicial do sistema NeuroForest.

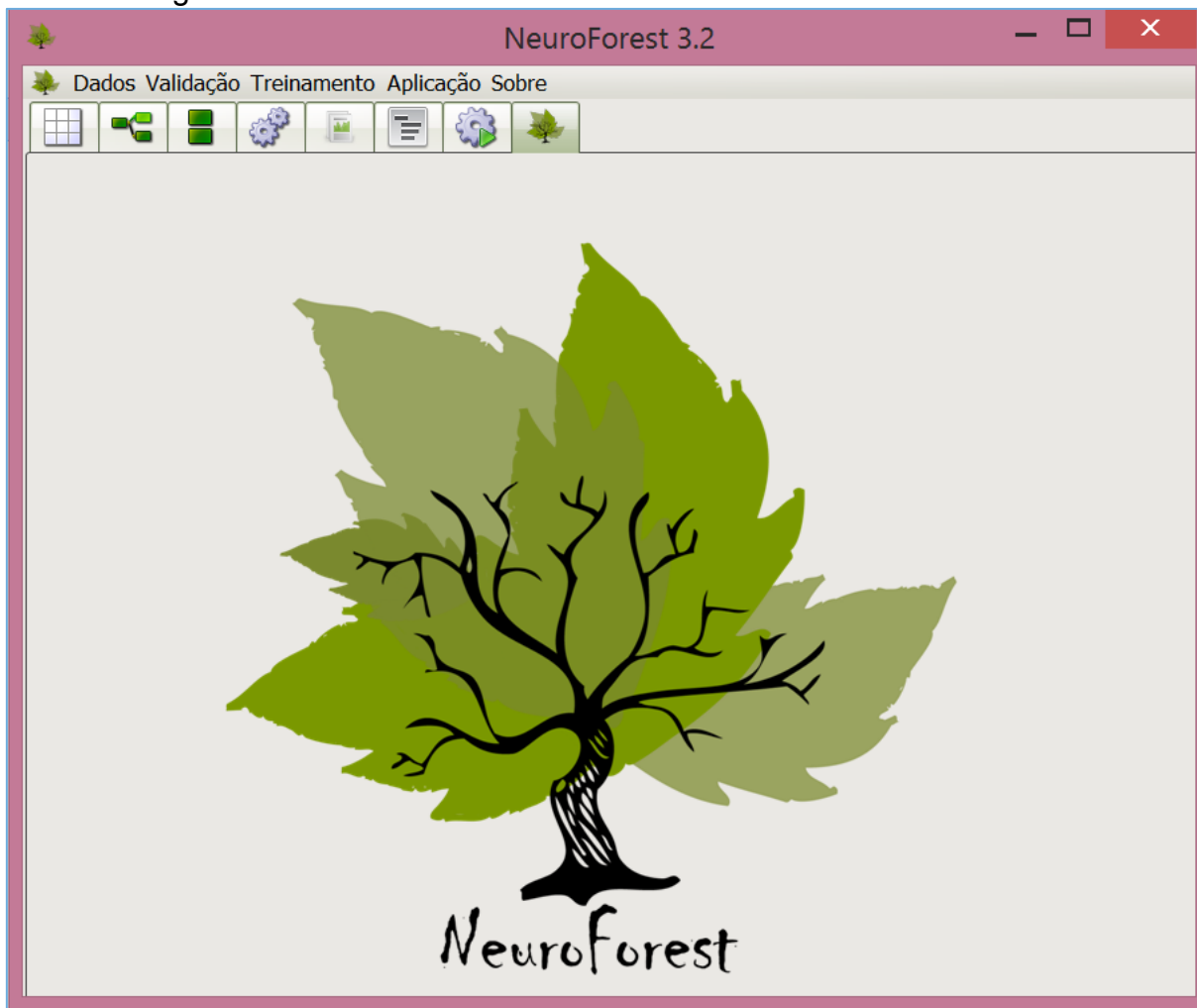


FIGURA 3 – TELA INICIAL DO SISTEMA NEUROFOREST
FONTE: (NEUROFOREST, 2015)

2.3 INVENTÁRIO FLORESTAL

Segundo Sanquetta *et al.* (2009), nas atividades florestais e nas avaliações relativas aos recursos florestais, o inventário é uma técnica importante para o bom conhecimento de uma determinada área. Isso indica que os engenheiros florestais devem dar a devida importância ao profundo conhecimento do potencial de recursos existentes, tanto qualitativo quanto quantitativo. Para isso, é necessário o uso de

técnicas que determinem, com máxima precisão, quais recursos e qual a importância de cada um deles para uma determinada área, conhecendo-se, quais são os objetivos do inventário, qual sua abrangência, de que forma os dados serão coletados e o grau de detalhamento dos resultados. Assim, conceitualmente, segundo Péllico Netto e Brena (1997), “inventário florestal é uma atividade que visa obter informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais existentes em uma área pré-especificada”. Laar e Akça (2007) acrescentam que o objetivo de um inventário florestal é obter informações quantitativas e qualitativas sobre os recursos da floresta e seu ambiente físico, em um ponto específico no tempo, por um custo razoável.

Rondeux (1999), numa abordagem mais ampla, afirma que o inventário florestal tradicional deve responder não somente aos aspectos dos recursos lenhosos, mas também há questões relacionadas com a biodiversidade de plantas e as variáveis específicas que determinam a dinâmica do local.

Por outro lado, segundo Sanquetta *et al.* (2009), esse conceito é genérico o bastante para incluir qualquer tipo de levantamento florestal, mas salienta que a “marca registrada” de um inventário é a sua representatividade amostral e sua validade estatística. Para Queiroz (2012), inventário florestal é o ramo da ciência florestal que visa avaliar as variáveis qualitativas e quantitativas da floresta e suas inter-relações, assim como dinâmicas de crescimento e sucessão florestal, servindo de base para a formulação de planos de utilização de produtos florestais, manejo sustentado integrado da floresta, bem como, para alicerçar propostas de planos de desenvolvimento e política florestal de caráter regional ou nacional.

Péllico Netto e Brena (1997) classificam um inventário florestal segundo seus objetivos, abrangência, forma de obtenção de dados, abordagem da população no tempo e grau de detalhamento dos seus recursos. Considerando a classificação de acordo com a forma de obtenção de dados, esses autores afirmam que se podem agrupar os inventários florestais nos seguintes tipos: inventário por enumeração total ou censo, inventário por amostragem e inventários por tabela de produção.

Segundo Sanquetta *et al.* (2009), o inventário por enumeração total ou por censo pressupõe a medida de todos os indivíduos da população. Porém, devido ao alto custo, esse tipo é restrito às aplicações específicas, como no caso de florestas cujo valor econômico, científico ou cultural seja muito elevado, ou por exigências legais, ou ainda no caso de uma área de pequenas dimensões (HUSH; MILLER; BEERS, 1982).

2.3.1 Métodos Diretos e Indiretos e as Incertezas das Estimativas

Segundo Sanquetta e Balbinot (2004), existe uma distinção conceitual entre determinação e estimativa. Determinação significa uma medição real das dimensões, biomassa, etc. Quando isso não pode ser feito de maneira direta, então são feitas estimativas por meio de técnicas matemáticas, regressões ou outras técnicas. Por isso a literatura distingue métodos diretos e indiretos (SALATI, 1994) de avaliação de biomassa.

Métodos diretos implicam em determinações, enquanto métodos indiretos geram estimativas. Determinações não são possíveis em grandes extensões florestais. Pode-se dizer que na maioria dos estudos florestais, o que se gera são estimativas e não determinações.

As estimativas devem ser baseadas em dados advindos de determinações que são extrapoladas para toda a população por meio de cálculos estatísticos que, baseados numa amostra, estimam os valores para toda a área.

O inventário florestal se baseia em estimativas valendo-se de intensidades amostrais que reflitam ou representem toda a área. São realizadas muitas medições em parcelas com a finalidade de ampliar a abrangência do levantamento, dando representatividade à amostragem.

Como as estimativas se utilizam de uma amostra da população e de cálculos estatísticos baseados numa margem de erro considerada, essas margens são

levadas em consideração na análise do resultado obtido, não só considerando que a amostra pode não ser representativa, e nesses casos procura-se aumentar a quantidade de indivíduos da amostra, como também as margens de erros previstas nos próprios métodos estatísticos. Então, são considerados além de um valor médio, valores mínimos e máximos que são calculados subtraindo ou somando a margem de erro deste valor médio.

Pode-se verificar, então, que as estimativas geram incertezas que devem ser consideradas na análise do resultado tanto para o aspecto comercial (previsão de receitas baseadas nos cálculos realizados) como no aspecto de planejamento da atividade florestal.

2.4 DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE ORIENTADO A OBJETOS

O desenvolvimento de um *software* envolve diversas etapas que devem ser seguidas para que o produto final atinja seus objetivos. Tal qual a construção de um edifício ou uma estrada, o desenvolvimento necessita de uma metodologia que cubra todo o ciclo de vida do processo de desenvolvimento.

Este processo deve cobrir etapas como planejamento, projeto, levantamento de requisitos, construção e manutenção do *software*. Tais etapas, ou conjunto de processos, que são apoiados por ferramentas, métodos e modelos, para então formar um conceito maior: a engenharia de *software* (PRESSMAN, 2006).

Um trabalho que foi construído com este processo foi utilizado no *Software Educacional* para o ensino de Inventário Florestal (WANDRESEN, 2014).

O *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)* estabeleceu a sua definição para o conceito de engenharia de *software*: “Engenharia de *software*: (1) aplicação de uma abordagem sistemática, disciplinada e quantificável, para o desenvolvimento, operação e manutenção do *software*; isto é, a aplicação da engenharia ao *software*. (2) O estudo de abordagens como as de (1).” (IEEE, 1993).

O conceito básico de um *software* segue o princípio de que um conjunto de dados de entrada é transformado com a utilização de um conjunto de regras e procedimentos e produz um resultado final que interessa ao usuário. Portanto, o processo de construção do *software* segue o mesmo princípio no qual se define que, um processo de engenharia, assim como, um conjunto de atividades inter-relacionadas que transformam uma ou mais entradas em saídas enquanto consomem recursos para completar a transformação e produzir um resultado final, é o próprio *software* (BOURQUE; FAIRLEY, 2014).

Assim, um processo de engenharia de *software* tem como foco as atividades de trabalho realizadas por engenheiros de *software* para desenvolver, manter e operar o *software*, como requisitos, projetos, construções, testes, gestão de configuração e outros processos de engenharia de *software*.

Diversos modelos de processos de engenharia de *software* foram propostos nas últimas décadas. Para cada modelo proposto, foram identificadas suas deficiências e novos modelos foram surgindo com o objetivo de aprimorar ou substituir os anteriores. Cada modelo deve se adaptar à realidade do projeto, principalmente relacionado ao seu porte. Um modelo aplicado sem adaptações ou de forma inadequada a um determinado projeto pode acarretar em perda de tempo no desenvolvimento por causa da produção de muitos artefatos desnecessários ou que pouco contribuem para o sucesso do *software* ou até mesmo, produzir resultados incorretos. Assim, segundo Pressman (2006), um processo, quando aplicado sem adaptações a cada realidade, pode aumentar o nível de burocracia e etapas desnecessárias, criando dificuldades para desenvolvedores e clientes.

2.4.1 Modelos de processos de desenvolvimento de *software*

A seguir serão mostrados diversos modelos para processos de desenvolvimento de *software*. Muitos deles já não são mais utilizados pela

comunidade de desenvolvimento e, em muitos casos, são aplicados modelos híbridos onde são empregadas as melhores práticas de cada um.

Os modelos que serão apresentados são:

- Modelo em cascata
- Modelo incremental
- Modelo de Prototipação
- Modelo Espiral
- Modelo Unificado
- Modelo Ágil

Modelo em cascata

Atualmente utilizado em pequenos projetos, o modelo em cascata é o mais antigo dos modelos de engenharia de *software* e foi criado na década de 1970. Pode ser aplicado quando os requisitos de um problema são razoavelmente conhecidos e quando o trabalho flui de maneira linear.

Nesse modelo, as atividades ocorrem em sequência e uma atividade inicia somente após o término da atividade anterior.

O modelo contém cinco passos: comunicação, planejamento, modelagem, construção e implantação.

Modelo incremental

Este modelo surgiu devido aos problemas apresentados no Modelo em Cascata. Observou-se que as atividades de desenvolvimento não ocorrem e não podem ocorrer de forma linear. Normalmente os requisitos solicitados na primeira fase não são passados de forma completa ou não são transmitidos. Com isso, todas as demais fases são comprometidas.

O modelo incremental veio para complementar o modelo anterior, permitindo que se retorne às fases anteriores de forma incremental, ou seja, após a realização

de todas as etapas, uma versão do *software* é apresentada e o ciclo recomeça até que o produto completo seja produzido.

Modelo espiral

Este modelo, muito difundido e utilizado, combina a natureza ágil do modelo incremental da prototipação com os aspectos de controle sistemático do modelo em cascata (PRESSMAN, 2006). Este modelo, proposto originalmente por (BOEHEM, 1988) pressupõe que todo o processo de desenvolvimento deve ter uma abordagem de versões onde em cada nova versão, ocorre um incremento no produto. Pode-se construir rapidamente, com esse modelo, versões de *softwares* cada vez mais completas. Esse modelo aplica-se ao desenvolvimento de *software* de grande porte.

A Figura 4 apresenta o modelo de processo em espiral. A cada volta completa em torno do circuito tem-se uma entrega de um produto. Mas, o produto entregue pode ser uma especificação de um *software*, um protótipo, uma versão do *software* em funcionamento ou uma modificação em um *software* já entregue. Pode-se perceber que esse modelo é bastante flexível; por outro lado, exige uma grande maturidade de gerenciamento para que o produto final seja entregue no prazo e esforço definidos, uma vez que é necessário revisar o plano de projeto a cada volta na espiral.

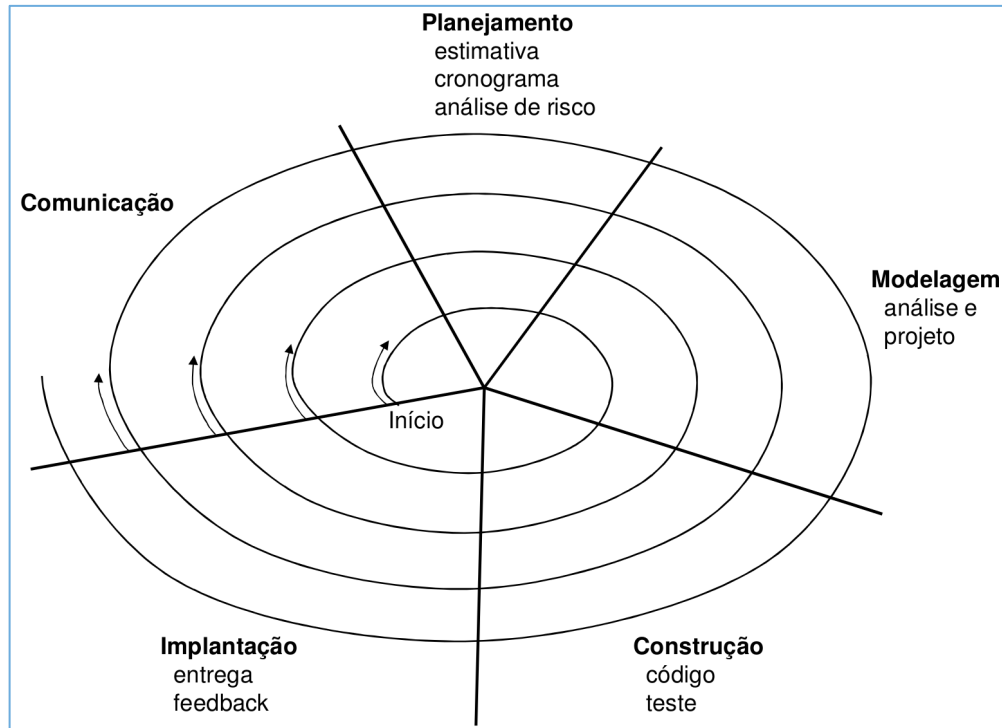


FIGURA 4 – MODELO ESPIRAL
FONTE: (PRESSMAN, 2006)

Modelo unificado

Este modelo unificou as melhores práticas dos modelos existentes. Na década de 90 alguns autores de processos e métodos se uniram para propor um modelo único de processo. Jacobson, Booch e Rumbaugh (1999) apresentaram o “processo unificado” (*UP – Unified Process*) baseados nos modelos de processos tradicionais (apresentados nas seções anteriores) e no paradigma orientado a objetos.

Este processo incluiu, além das etapas (aqui chamadas de Fases), o conceito de *workflows* (ou disciplinas) e iterações. Nos *workflows* foram definidas as atividades que deveriam ser focadas na fase e as iterações seguiram o mesmo conceito do modelo espiral. Assim, além de saber o que fazer em cada fase, neste modelo foi possível atribuir um peso ou importância de cada atividade naquela fase.

O processo unificado é dividido em quatro fases: concepção, elaboração, construção e transição. As fases são divididas em iterações, que, por sua vez, passam por seis disciplinas: modelagem de negócios, requisitos, análise e projeto, implementação, testes e implantação. As disciplinas de suporte (gerenciamento de

configuração de alteração, gerenciamento de projetos e ambiente) apoiam todo o processo.

O surgimento do processo unificado veio de encontro às técnicas de Modelagem Orientada a Objetos (UML) e será descrito na seção 2.4.2. As disciplinas são guiadas para a produção dos artefatos previstos na UML. Portanto, além do processo, com todos os conjuntos de fases, atividades e melhores práticas, Jacobson, Booch e Rumbaugh (1999) propuseram uma linguagem para modelagem de *software* orientada a objetos reunindo as melhores práticas existentes conhecidas.

Se de um lado, a principal vantagem do processo unificado foi um maior controle sobre todas as atividades do projeto, por outro, ele foi visto como complexo e burocrático. Uma grande quantidade de artefatos deveria ser produzida e, em muitos casos, esta produção atrasava a construção do *software* em si.

A Figura 5 ilustra as fases e fluxos de trabalho do processo unificado. Para cada fluxo de trabalho tem-se um histograma que ilustra o esforço ao longo do projeto e suas fases.

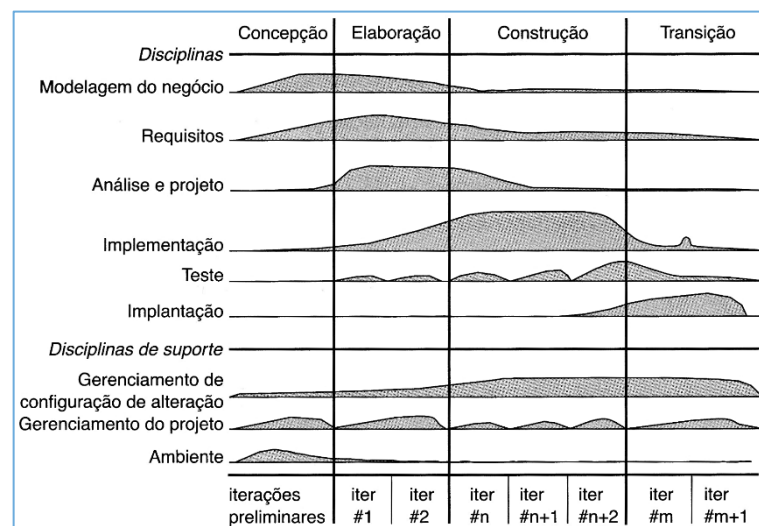


FIGURA 5 – PROCESSO UNIFICADO
 FONTE: (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2012)

Neste trabalho foi usado este modelo por ser o mais usado atualmente no mercado de desenvolvimento de software, ser flexível quanto ao uso de todas as suas etapas e *workflows* e ser o que mais se adequa ao escopo e porte do projeto.

2.4.2 Modelagem orientada a objetos

Os modelos são representações simplificadas de alguma realidade (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2012), os melhores modelos são aqueles que conseguem expressar de forma precisa essa realidade (LIMA, 2011).

Em muitas áreas do conhecimento, utilizam-se modelos matemáticos para a representação da sua realidade. Na ciência florestal, utilizam-se modelos para representar, por exemplo, o volume de madeira de uma floresta, ou os diâmetros para determinadas alturas de árvores.

A modelagem orientada a objetos para desenvolvimento de *software* constitui um modo de analisar problemas com a utilização de modelos fundamentados em conceitos do mundo real (RUMBAUGH *et al.*, 2006). Bourque e Fairley (2014) afirmam que, um modelo é uma abstração ou simplificação de um componente de *software*. Eles acrescentam que, a fim de responder a questões específicas sobre como o *software* deve operar, os modelos são construídos para representar objetos do mundo real e seus comportamentos.

A modelagem orientada a objetos foi apresentada em um conjunto de diagramas com o objetivo de materializar conceitos e apresentar as partes envolvidas, as abstrações e soluções definidas para um determinado problema. Porém, esses diagramas não tinham um padrão definido, cada desenvolvedor descrevia estes conceitos e desenhava os diagramas de formas diferentes. Para resolver a questão de padronização, em 1999, Jacobson, Booch e Rumbaugh (1999) propuseram uma linguagem unificada para modelagem de projetos de *software* orientado a objetos, conhecida como UML - *Unified Modeling Language* (Linguagem

de Modelagem Unificada), que até os dias atuais serve de padrão para modelagem de sistemas nesse paradigma.

Segundo Booch, Rumbaugh e Jacobson (2012), existem dois métodos principais para modelagens de *software*: o da perspectiva de um algoritmo e o da perspectiva da orientação a objetos. Ainda, segundo esses autores, a visão tradicional adota a perspectiva de algoritmo, na qual o principal bloco de construção é o procedimento ou função, que podem ser decompostos para diminuir ou aumentar a complexidade. Por outro lado, eles afirmam que a visão contemporânea adota a perspectiva orientada a objetos, em que o principal bloco de construção é o objeto ou a classe, no qual um objeto é uma representação virtual de uma entidade real e a classe é a descrição desse objeto.

Nas próximas seções serão apresentados os conceitos de classes, objetos e relacionamento entre as classes e como representá-los com a UML.

Objetos e Classes

Define-se um objeto como um conceito, uma abstração, algo com limites padronizados e significado em relação ao problema em causa. Os objetos servem a dois objetivos: eles facilitam a compreensão do mundo real e oferecem uma base para a implementação em computador (RUMBAUGH *et al.*, 2006). Assim, a engenharia de *software* se inspirou em outras áreas do conhecimento para produzir *software*, tratando como objetos, os conceitos envolvidos no problema a ser informatizado. Um objeto é composto por uma identificação única, um conjunto de atributos que também podem ser chamados de características do objeto e comportamentos entendidos como as funções que o objeto é capaz de realizar (GILLEANES, 2011).

Porém, para descrever os elementos de um conjunto de objetos, é preciso classificá-los segundo suas semelhanças. Daí a necessidade de definir classes de objetos. Segundo Deboni (2009), a estrutura de um software é formada pelas

classes do sistema. Analogamente ao esqueleto dos animais, as classes formam uma armação que dá a sustentação e a forma ao sistema.

Para Booch, Rumbaugh e Jacobson (2012), uma classe é uma descrição de um conjunto de objetos que compartilham os mesmos atributos e comportamentos e mesmos relacionamentos com outros objetos. Eles concluem tal afirmação dizendo que se devem utilizar as classes para capturar o vocabulário do sistema que está sendo desenvolvido, e pode-se usar classes para representar itens de *software*, de *hardware* e até itens que são puramente conceituais. Lima (2011) diz que uma classe é a definição dos atributos e das ações de um tipo de objeto, que descreve um conjunto de objetos individuais em qualquer contexto. Para Barnes e Kölling (2009), os objetos são criados a partir de classes e que elas descrevem o tipo do objeto. Afirmam também que, os objetos representam instâncias individuais das classes.

Uma classe representa a descrição de uma entidade do mundo real. Pode-se afirmar que, uma classe é uma abstração da descrição dessa entidade para um *software*. A classe descreve duas características fundamentais de uma entidade do mundo real: os seus atributos e os seus comportamentos. Para um *software* essas duas características são suficientes para manipular a representação de uma entidade do mundo real no sistema. Os atributos representam as relações, informações ou estados de uma entidade que podem ser armazenadas. Os comportamentos são as ações que podem ser realizadas com essas informações (atributos), com informações de outras entidades relacionadas, ou, simplesmente, com informações fornecidas para essa ação. Comportamento, ação, método, operação ou função são as maneiras como os autores designam a parte dinâmica de uma classe; portanto, pode-se considerar que são sinônimos.

A representação de uma classe segundo a notação da UML é um retângulo com três compartimentos, conforme apresentado na Figura 6.

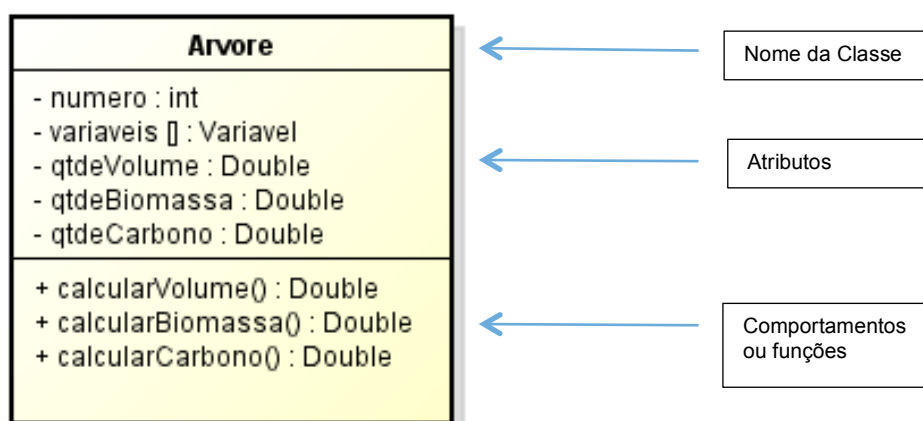


FIGURA 6 - EXEMPLO DE CLASSE
FONTE: O AUTOR (2015)

Assim, pode-se observar que no primeiro compartimento, foi colocado o nome da classe (Arvore). Por padrão, não se acentuam nomes de classes, atributos e funções.

No segundo compartimento, além da relação de atributos, alguns itens foram representados. Estes itens servem de marcação para o desenvolvedor que irá implementar a classe numa linguagem de programação. O sinal antes do nome de cada atributo chama-se especificador e representa o nível de visibilidade do atributo que estão descritos no QUADRO 1.

Especificador	Símbolo	Descrição
Público	+	Qualquer instância de classe no sistema pode utilizar o membro (atributo ou operação) referenciado por esse especificador. É o menos restritivo.
Protegido	#	Qualquer instância da classe que seja descendente pode utilizar o membro (atributo ou operação) referenciado por esse especificador.
Privado	-	Pode ser utilizado somente pela própria classe. É o mais restritivo.
Pacote	~	Somente instâncias de classe dentro do mesmo pacote pode utilizar o membro referenciado por esse especificador

QUADRO 1 – ESPECIFICADORES DE ACESSO DE MEMBROS DE CLASSE

FONTE: (WANDRESEN, 2014), ADAPTADO DE (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2012)

Após o nome de cada atributo, tem-se o sinal de dois pontos (":") e, em seguida, o tipo de dado deste atributo. Jandl Junior (2007) define um tipo de dado como um conjunto particular de valores que podem ser representados num *software* e quando tais definições fazem parte da linguagem, é dito que constituem um tipo primitivo ou tipo predefinido. A linguagem Java, segundo Jandl Junior (2007), possui oito tipos primitivos, conforme apresentado no QUADRO 2.

Categoria	Tipo	Intervalo
Inteiro	byte	de -128 a +127
	short	de -32.768 a +32.767
	Int	de -2.147.483.648 a +2.147.483.647
	long	de -9.223.372.036.854.775.808 a +9.223.372.036.854.775.807
Real	float	aproximadamente de -3,4E+38 a +3,4E+38
	double	aproximadamente de -1,7E+308 a +1,7E+308
Caractere	char	de \u0000 a \uFFFF
Lógico	boolean	false e true

QUADRO 2 – TIPOS DE DADOS PRIMITIVOS NA LINGUAGEM JAVA
 FONTE: (WANDRESEN, 2014), ADAPTADO DE JANDL JUNIOR (2007)

Além dos tipos primitivos, novos tipos podem ser criados. Alguns já fazem parte da linguagem de programação (como Double e String) e também outras classes podem servir de tipo de dado para atributos de classes (como o tipo “Variavel” do atributo “variaveis[]”, indicando que uma árvore pode possuir diversas variáveis.

No terceiro e último compartimento, além dos nomes das funções, também são colocados os níveis de visibilidade como nos atributos e, após o nome da função, é especificado o tipo de dado que a função retorna após sua execução. Os símbolos de abre e fecha parênteses compondo seu nome é um espaço onde se podem colocar os parâmetros que a funções recebem (não representados neste exemplo).

Relacionamentos entre classes

A modelagem de um determinado problema envolve diversas classes. Exemplos de classes podem ser: *Local*, *Parcela*, *Arvore*, *Genero*, *Equacao*, *Modelo*, entre outros. Nos exemplos de nomes de classes a seguir, as palavras não serão acentuadas para atender ao padrão utilizado na modelagem onde nomes de classes, atributos e funções não são acentuados. Para facilitar a leitura, esses nomes serão colocados em *Itálico*.

Normalmente as classes não existem de forma isolada, normalmente uma classe se relaciona com uma ou mais classes da forma que chamamos de “Relacionamento entre as Classes”.

O relacionamento entre as classes pode ser de diversas formas. A seguir serão apresentadas as principais formas, utilizando exemplos das classes do *software*.

Relacionamentos entre classes: Associações

Um relacionamento de Associação indica que um objeto de uma classe faz alguma referência a um ou mais objetos de outra classe. Segundo Booch, Rumbaugh e Jacobson (2012), uma associação indica que um objeto está conectado com um ou mais objetos. Uma associação ocorre quando um dos atributos de uma classe representa uma instância de algum objeto de outra classe, ou em casos específicos da mesma classe.

De forma geral, existem três tipos básicos de associação: associação simples, agregação e composição.

A associação simples é utilizada quando existe uma relação estrutural simples entre dois objetos. Por exemplo, em um sistema de controle acadêmico, um professor pode lecionar uma ou mais disciplinas. Mas as duas entidades, professor e disciplina são independentes (WANDRESEN, 2014).

Considerando o exemplo já citado, o relacionamento entre as classes *Arvore* e *Gênero* é um exemplo de associação simples. Como uma árvore é de algum gênero, a informação deste gênero deve ser um atributo da árvore e este gênero deve ser um objeto da classe *Genero*. Assim, na classe *Arvore*, devemos guardar uma referência de qual gênero ela pertence.

Na associação deve-se indicar a cardinalidade, ou seja, quantos objetos que uma determinada classe estão associados a objetos de outra classe. No exemplo citado, uma árvore pertence a um único gênero, porém um gênero pode ter diversas árvores cadastradas.

A representação de uma associação simples é uma linha unindo as duas classes. Nas extremidades são colocadas as informações sobre a cardinalidade.

Para se indicar um objeto, podemos colocar o número “1” na legenda da linha no lado da classe ou somente omitir esta notação, ou seja, quando não existe a legenda, significa cardinalidade “1”. Quando se deseja informar que um objeto de uma classe está associado a “muitos” de outra classe, usa-se a notação “*” na extremidade da linha. A Figura 7 mostra o exemplo da associação entre a classe *Arvore* e *Genero* contendo a cardinalidade entre ambas.

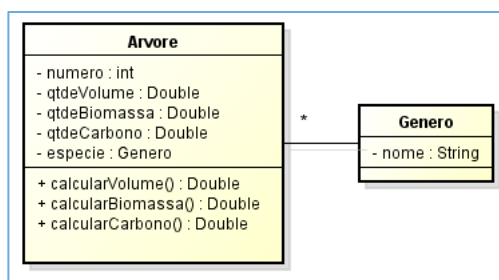


FIGURA 7 – EXEMPLOS DE ASSOCIAÇÃO SIMPLES ENTRE CLASSES
FONTE: O AUTOR (2015)

Na extremidade junto à classe *Genero*, sem nenhuma legenda, indica um objeto e na extremidade junto à classe *Arvore* contendo o “*”, indica “muitos” e a leitura é feita da seguinte forma: um gênero tem muitas árvores e uma árvore é de um único gênero.

O segundo tipo de associação chama-se agregação. A agregação é uma associação, porém entre as duas classes existe a conotação todo/parte, ou seja, uma classe contém o todo do objeto e a outra classe, suas partes. Na agregação, o todo e suas partes existem de forma independente, ou seja, se o todo deixa de existir, as partes podem continuar existindo e vice-versa. Um exemplo na área florestal seria a associação entre a classe *Parcela* e *Arvore*. Uma parcela (todo) é composta por árvores (partes), porém, se uma parcela deixar de existir, as árvores continuam existindo, estando em conformidade com a definição de agregação. A notação de uma agregação é uma linha entre as classes, sendo que na extremidade que representa o todo, é colocado um losango vazado. A Figura 8 mostra este exemplo de agregação.

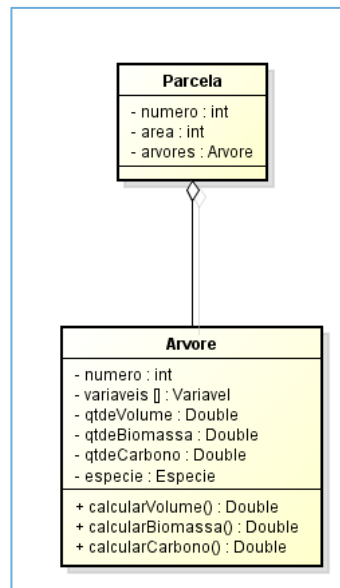


FIGURA 8 – EXEMPLOS DE AGREGAÇÃO ENTRE CLASSES
FONTE: O AUTOR (2015)

O terceiro e último tipo de associação chama-se composição. Trata-se de uma agregação com uma relação todo/parte, mas é uma relação mais forte que a agregação já que no caso da composição, o todo e as partes não podem existir isoladamente, pois quando o todo deixa de existir, as partes também deixam. Outra exigência para que se caracterize uma composição é que uma determinada parte pertence somente a um determinado todo, ou seja, uma das partes não pode pertencer a outros objetos que compõe o todo. Na área florestal, um exemplo seria uma floresta e suas árvores. Uma floresta existe enquanto existirem as árvores que a compõe. E ainda, uma árvore não pode pertencer a várias florestas ao mesmo tempo. A notação para o relacionamento de composição é um losango cheio na extremidade apontada para a classe que indica o todo.

Relacionamentos entre classes: Generalizações

Também conhecido como “herança” ou “especialização”, as generalizações ocorrem quando uma classe (chamada de classe filha), contém todas as características de outra classe (chamada de classe mãe) e mais as suas características próprias. Neste caso, herdar as características é dizer que a classe

filha tem todos os atributos e funções da classe mãe e mais os seus próprios. A generalização é um mecanismo importante para o paradigma de orientação a objetos. Booch, Rumbaugh e Jacobson (2012) definem generalização como um relacionamento entre itens gerais (chamados superclasses ou classes-mãe) e tipos mais específicos desses itens (chamados subclasses ou classes-filhas). Esses autores complementam ainda que, muitas vezes as generalizações são chamadas relacionamentos “é um tipo de”. Para Lima (2011), uma subclasse herda atributos e comportamento de sua classe imediatamente superior – a superclasse, e também possui atributos e operações específicos dela mesma. Segundo Jandl Junior (2007), a herança é um mecanismo que possibilita a uma classe usar campos e métodos definidos em outra classe, o que significa o compartilhamento de membros entre classes. A notação para se representar uma generalização é uma seta vazada na extremidade da classe mãe.

Como exemplo de generalização, pode-se citar um local que pode ter uma floresta nativa ou plantada. As características destes dois tipos de locais não são iguais, no caso de uma floresta nativa, pode-se armazenar a informação do estágio do plantio, já na floresta plantada, pode-se ter informações da idade, gênero, espaçamento, entre outras. A Figura 9 mostra este exemplo onde mais de uma classe filha pode ser associada à classe mãe.

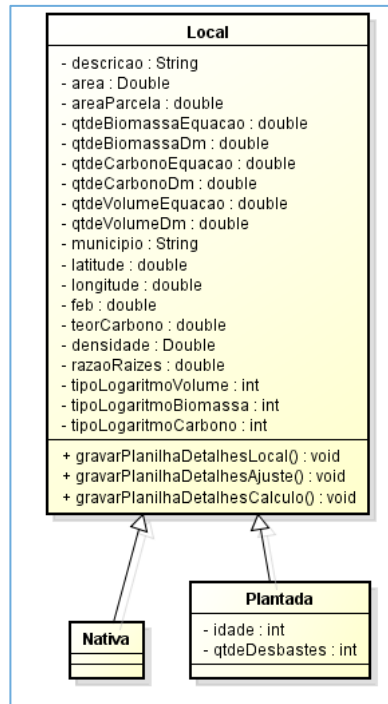


FIGURA 9 – EXEMPLO DE GENERALIZAÇÃO ENTRE CLASSES
 FONTE: O AUTOR (2015)

Relacionamentos entre classes: Classes de Associação

As classes de associação são utilizadas quando uma associação entre duas classes possui um atributo. Em muitos casos são identificados atributos que não fazem sentido quando colocados em uma classe por conterem informações referentes ao objeto associado à outra classe. As classes de associação são utilizadas nas associações com cardinalidade “muitos para muitos” quando se necessita colocar um atributo para esta associação Booch, Rumbaugh e Jacobson (2012).

Por exemplo, na área florestal, uma árvore pode ter diversas variáveis como dap, altura, etc. Uma alternativa seria colocar estes atributos na classe *Arvore*, porém, caso apareçam novas variáveis a serem atribuídas à uma árvore, o modelo não teria como armazená-las, haveria a necessidade de se alterar todo o modelo para acomodar esta nova variável. Para que a modelagem fique aberta a qualquer quantidade de variáveis, uma classe de associação poderia ser criada na associação que existe entre a classe *Arvore* e *Variavel*, por exemplo, a classe

VariavelArvore que faria a ligação para informar quais as variáveis pertencem a qual árvore e qual o valor desta variável numa determinada árvore. Os QUADRO 3, 4 e 5 mostram informações de objetos destas três classes para facilitar o entendimento da classe de associação.

Arvore	
numero	especie
1	10
2	20
3	10

QUADRO 3 – VALORES PARA A CLASSE ARVORE
FONTE: O AUTOR (2015)

VariavelArvore		
numeroArvore	codigoVariavel	valor
1	1	24,3
1	2	25,5
2	1	21,1
2	2	23,2
2	3	30,1

QUADRO 4 – VALORES PARA A CLASSE VARIABELARVORE
FONTE: O AUTOR (2015)

Variavel	
Código	sigla
1	dap
2	altura
3	diametroCopa

QUADRO 5 – VALORES PARA A CLASSE VARIABEL
FONTE: O AUTOR (2015)

Assim, na classe *VariavelArvore* (classe de associação entre as classes *Arvore* e *Variavel*), pode-se ler que o valor do dap(código 1) da árvore 1 é igual a 24,3; o valor da altura (código 2) da árvore 1 é igual a 25,5 e assim, sucessivamente.

A Figura 10 mostra a notação de uma classe de associação onde, a partir da linha que representa a associação entre as classes *Arvore* e *Variavel*, é colocada uma linha pontilhada em direção à classe de associação *VariavelArvore*.

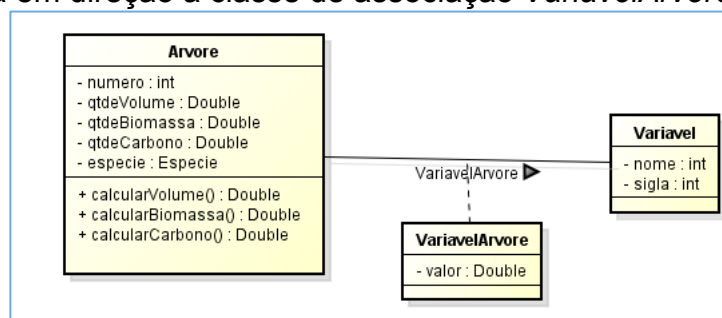


FIGURA 10 – EXEMPLO DE CLASSE DE ASSOCIAÇÃO
FONTE: O AUTOR (2015)

2.5 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E *DATA MINING*

A Inteligência Artificial – IA pesquisa o desenvolvimento de sistemas computacionais que pensam ou atuam como seres humanos. Porém, se pretende-se dizer que um *software* pensa como um ser humano, tem-se de ter alguma forma que determinar como os seres humanos pensam (RUSSEL; NORVIG, 2004).

A IA teve início após a Segunda Guerra Mundial e, atualmente, abrange uma enorme variedade de subcampos. A inteligência artificial sistematiza e automatiza tarefas intelectuais e, portanto, é potencialmente relevante para qualquer esfera da atividade intelectual humana. Nesse sentido, ela é um campo universal (RUSSEL; NORVIG, 2004).

As pesquisas a respeito da inteligência artificial se expandiram a partir da década de 50 com a publicação do artigo “*Computing Machinery and Intelligence*” do matemático inglês Alan Turing. Seus principais idealizadores foram os cientistas Herbert Simon, Allen Newell, John McCarthy, Warren McCulloch, Walter Pitts e Marvin Minsky, entre outros.

Segundo Charniak e McDermott (1985), IA é o estudo das faculdades mentais pelo uso de modelos computacionais. Nesta perspectiva, procuram desenvolver sistemas computacionais que pensam racionalmente. Bellman (1978) diz que IA procura automatizar atividades associadas ao pensamento humano, como tomada de decisões, resolução de problemas e aprendizado. Para (MCCARTHY, 2002), é o estudo e projeto de agentes inteligentes, onde um agente inteligente é um sistema que percebe seu ambiente e toma atitudes que maximizam suas chances de resolver problemas com a utilização de uma engenharia capaz de produzir máquinas inteligentes.

Quando se fala de Inteligência Artificial, é difícil defini-la, mas ao longo do tempo ela seguiu quatro linhas de pensamento:

- I. Sistemas que pesam como seres humanos:

“O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem, máquinas com mentes, no sentido total e literal” (HAUGELAND, 1985).

II. Sistemas que atuam como seres humanos:

“A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas” (KURZWEIL, 1990).

III. Sistemas que pensam racionalmente:

“O estudo das faculdades mentais pelo seu uso de modelos computacionais” (CHARNIAK; MCDERMOTT, 1985).

IV. Sistemas que atuam racionalmente:

“A Inteligência Computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes” (POOLE; MACKWORTH; GOEBEL, 1998).

No geral, as linhas de pensamento I e III referem-se ao processo de pensamento e raciocínio, enquanto as II e IV ao comportamento. Além disso, as linhas de pensamento I e II medem o sucesso em termos de fidelidade ao desempenho humano, enquanto na III e IV medem o sucesso comparando-o a um conceito ideal que de inteligência, que se chamará de racionalidade. Um sistema é racional se “faz tudo certo”, com os dados que tem (RUSSEL; NORVIG, 2004).

A inteligência artificial é um ramo da Ciência da Computação cujo interesse é fazer com que os computadores pensem ou se comportem de forma inteligente (BARONE, 2003). Por ser um tópico muito amplo, IA também está relacionada com psicologia, biologia, lógica matemática, linguística, engenharia, filosofia, entre outras áreas científicas, conforme mostra a Figura 11.

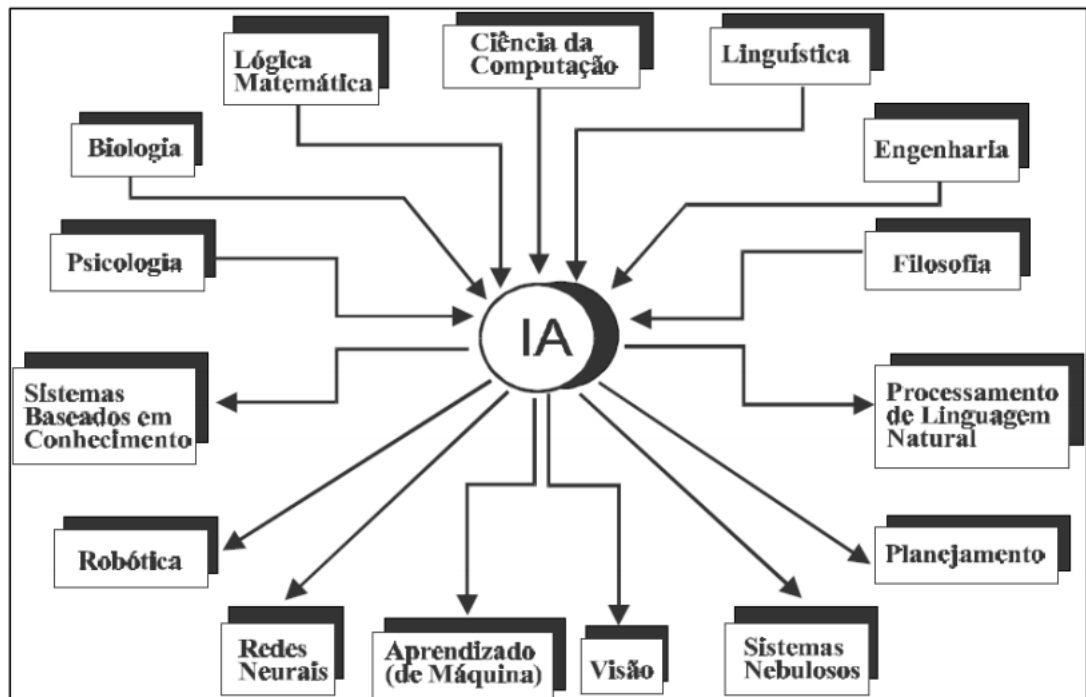


FIGURA 11 – ÁREAS RELACIONADAS COM A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
 FONTE: (MONARD; BARANAUKAS, 2000)

2.5.1 Data Mining

Com o crescimento da aquisição e armazenamento de informações, cresceu também a dificuldade de se extrair informações úteis de uma grande base de dados. O desafio é identificar quais informações teriam utilidade para um determinado ramo de negócio ou área de domínio dentre uma gigantesca quantidade de informações obtidas de diversas formas. Muitas vezes a informação que seria importante analisar, encontra-se escondida ou espalhada numa base de dados e processos simples de consulta ao banco com mecanismos de seleção, não conseguem extrair uma informação que seria de grande utilidade.

Segundo Tan, Steinbach e Kumar (2009), *data mining* é um processo para descobrir automaticamente informações úteis em grandes repositórios de dados. É um conjunto de técnicas cujo propósito é vasculhar grandes bases de dados a fim de encontrar padrões novos e úteis que poderiam ficar desconhecidos ou escondidos

na base. Também são capazes de fazer previsões de um resultado futuro baseado no histórico do comportamento de determinados objetos da base.

Data Mining é um processo de exploração de dados em um grande volume de armazenamento de dados. Procura identificar padrões desconhecidos e descobrir fatos relacionados aos dados e não necessariamente, selecionar estes dados. Esta técnica está inserida num processo conhecido como KDD (*Knowledge Discovery in Database*) que reconhece padrões em repositórios de dados. Na etapa de *Data Mining*, utilizam-se técnicas adequadas para a tarefa que se deseja realizar dentre elas, técnicas oriundas da inteligência artificial (como Redes Neurais Artificiais), estatística, matemática, dentre outras.

Data Mining está presente em vários setores e áreas do conhecimento como detecção de fraudes, identificação de estratégias mais lucrativas de vendas, avaliação e eficácia de promoções. Segundo Taylor (2003), bancos de dados de empresas são vasculhados e analisados diariamente em busca de informações que, embora sempre estivessem lá, não eram conhecidas. Tal informação vem reforçar a importância de ferramentas de mineração de dados no sentido de transformar os dados em informações relevantes.

Segundo Groth (1998) e Chen, Han e Yu (1996), o modelo de processamento de *Data Mining* inicia a partir de uma base de dados (bancos de dados, relatórios, logs de acesso, transações, entre outros) efetua-se uma limpeza (consistência, preenchimento de informações, remoção de ruído e redundâncias, entre outros) e com isso tem-se os repositórios organizados (*Data Warehouses*), que já são úteis de diversas maneiras. A partir deles, é possível selecionar algumas colunas para atravessarem o processo de mineração. Neste ponto, um analista refina e conduz o processo até que padrões apareçam. Encontrar padrões requer que os dados brutos sejam sistematicamente "simplificados" de forma a desconsiderar aquilo que é específico e privilegiar aquilo que é genérico. A Figura 12 ilustra este processo.

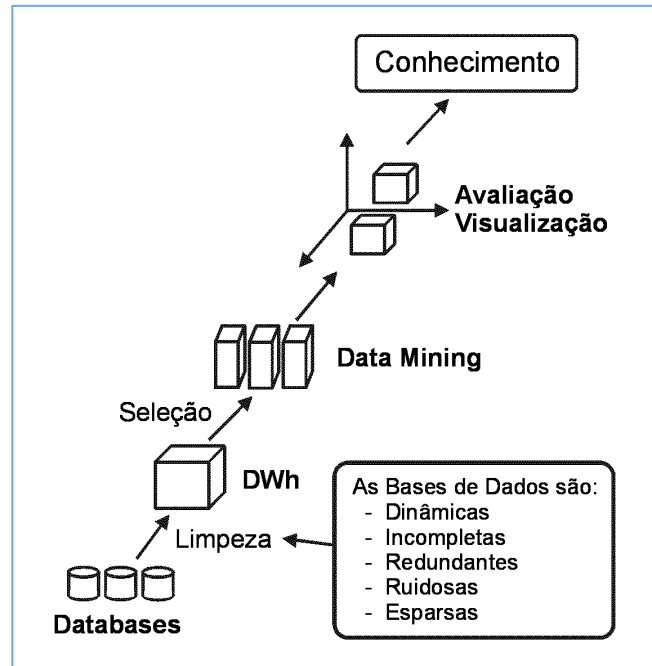


FIGURA 12 – ETAPAS DO PROCESSAMENTO COM *DATA MINING*
 FONTE: (NAVEGA, 2002)

O processo específico do *Data Mining* está dentro de um processo maior e consiste numa série de transformações da informação, desde o pré-processamento até o resultado final com a informação útil, como mostra a Figura 13.

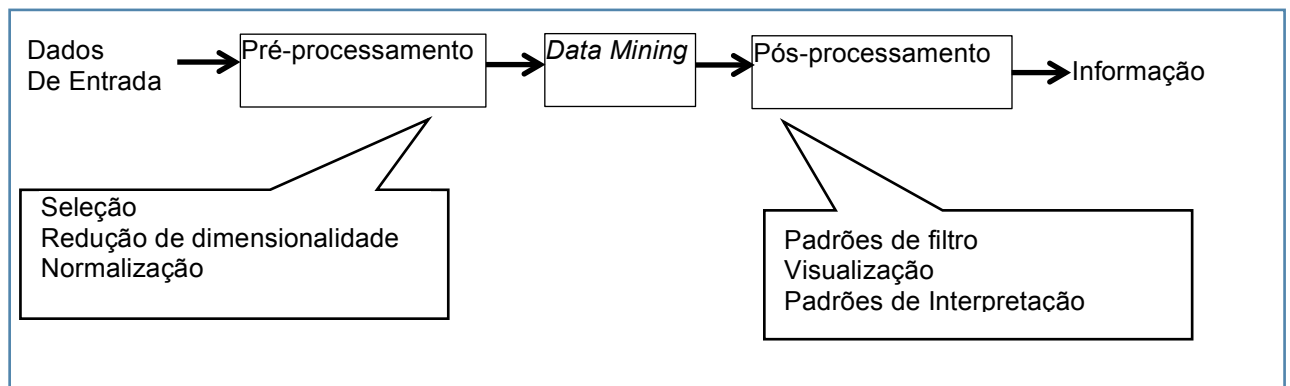


FIGURA 13 – ETAPAS DO PROCESSAMENTO COM *DATA MINING* – DETALHES
 FONTE – O AUTOR, ADAPTADO DE (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009)

A entrada pode ser armazenada em uma variedade de formatos (arquivos simples, planilhas eletrônicas ou bancos de dados). O propósito do pré-processamento é transformar os dados brutos da base em um formato apropriado para as análises subsequentes. Esta etapa envolve fusão de dados de múltiplas fontes, limpeza e remoção de ruídos e dados duplicados e seleção de registros relevantes para a tarefa principal. Já o pós-processamento garante que somente dados válidos e úteis sejam usados.

2.5.2 Classificador Baseado em Instâncias

Data Mining utiliza diversas técnicas para explorar dados, dentre elas estão classificação e agrupamento (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009). Dentre as diversas técnicas de classificação, podemos citar métodos baseados em árvores de decisão, baseados em regras, redes neurais artificiais, redes baesianas, máquinas de vetores de suporte (SVM) e classificação baseada em instâncias.

A classificação baseada em instâncias (do original *nearest-neighbor classifier*), técnica aplicada neste trabalho, trabalha com as próprias instâncias da base de dados para fazer previsões baseadas na semelhança das instâncias. Segundo Tan, Steinbach e Kumar (2009), “*If it walks like a duck, quacks like a duck and looks like a duck, then it’s probably a duck.*”, ou seja, “Se anda como um pato, grasna como um pato e se parece com um pato, então provavelmente é um pato.”. A classificação baseada em instância utiliza cada exemplo da base como um dado em um espaço de “n” dimensões, onde “n” é o número de atributos da instância. Dado um exemplo de teste, é calculada a distância para o restante dos exemplos da base, utilizando uma medida de proximidade (distância entre vetores).

A Figura 14 mostra a técnica baseando-se na informação dos vizinhos mais próximos. A Figura 14(a) mostra um vizinho, a Figura 14(b), dois vizinhos e a Figura 14(c), três vizinhos. É comum neste tipo de abordagem, calcular uma média entre dois ou mais vizinhos, conforme explicado na seção 3.3.

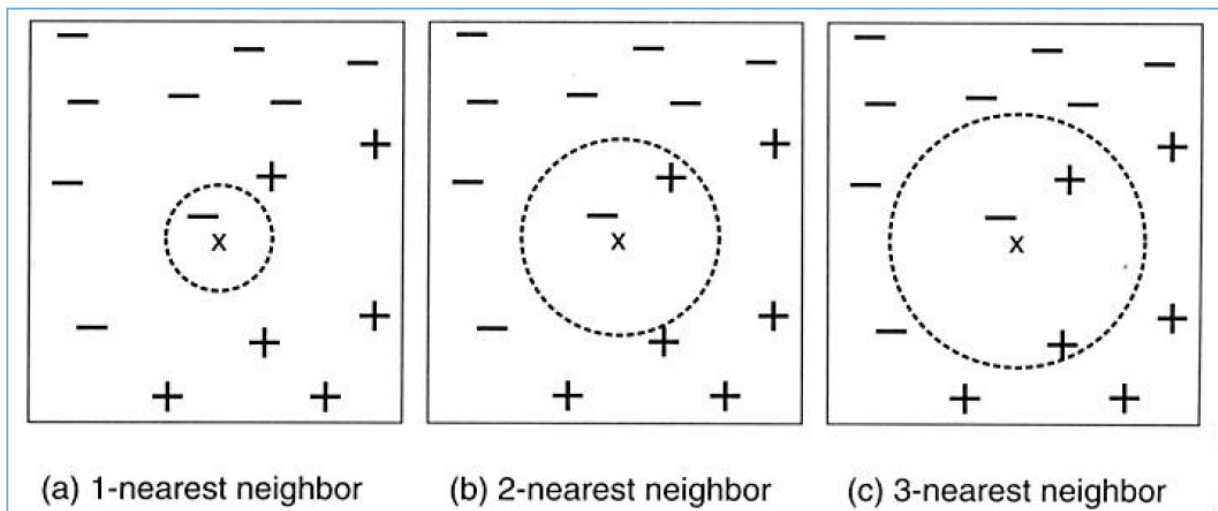


FIGURA 14 – VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS
FONTE: (TAN; STEINBACH; KUMAR, 2009)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 METODOLOGIA DO SOFTWARE JCARBON

O *software* JCarbon possui 10 métodos para realizar estimativas de volume, biomassa e carbono. Além desses métodos, é possível calcular a biomassa e carbono utilizando uma equação de conversão a partir do volume.

A utilização de cada um dos métodos depende dos dados de entrada disponíveis ao usuário.

Neste tópico serão descritos esses 10 métodos programados no *software*. A Figura 15 mostra as opções que o *software* oferece dependendo dos dados que o usuário tem disponíveis.

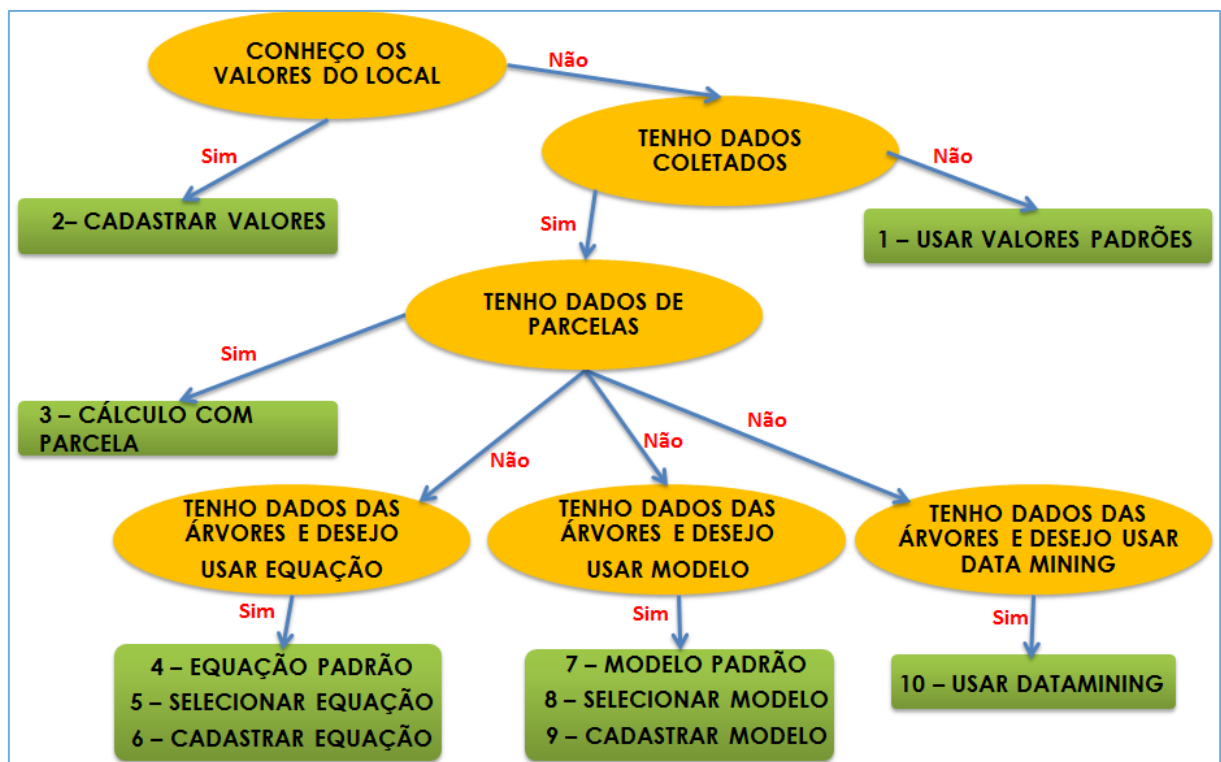


FIGURA 15 - FLUXOGRAMA COM AS OPÇÕES DE CÁLCULOS DO JCARBON
FONTE – O AUTOR(2015)

3.1.1 Cálculo do volume utilizando valores padrões

Este método é utilizado quando o usuário não tem nenhum dado das árvores do local, somente características como bioma e formação (para as florestas nativas) e mais as características de gênero, sítio, espaçamento e idade (para as florestas plantadas).

O *software* possui um banco de dados com valores padrões de volume por unidade de área para cada uma destas características.

Para o cadastro destes valores no banco de dados, foram realizados levantamentos segundo a literatura, focados, inicialmente no Estado do Paraná. A seção 3.2 Valores, Equações e Modelos padrões trata especificamente destes levantamentos e valores padrões, cadastrados no sistema para cada conjunto de características do local.

Com este método, é possível não só obter o volume, mas também os valores de biomassa e carbono total do local.

3.1.2 Cadastro do volume total do local

Esta opção é utilizada quando o usuário já conhece o volume do local e deseja somente cadastrá-lo. É possível cadastrar também as informações de biomassa e carbono. Este cadastro é importante quando o volume já foi calculado em outra época, mas não se tem registro dos dados e métodos utilizados e nem é possível realizar novamente esses cálculos. Assim, o *software* permite que o local seja cadastrado e o volume fique registrado.

3.1.3 Cálculo do volume utilizando dados de parcelas

Neste caso, o usuário fez a medição do volume de algumas parcelas e deseja utilizar técnicas de inventário florestal para estimar o volume total do local. Na versão atual do *software*, é utilizado o Processo de Amostragem Aleatória Simples para se estimar o volume do local. Vários autores concordam que o processo de amostragem aleatória simples é base para praticamente qualquer outro processo amostral (HUSH; MILLER; BEERS, 1982) (SANQUETTA *et al.*, 2009) (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997) (PRODAN *et al.*, 1997). Outros métodos de amostragem não foram contemplados neste trabalho.

Para a realização dos cálculos, o usuário deve ter os dados de algumas parcelas escolhidas de forma aleatória. Para a utilização das fórmulas estatísticas que irão realizar os cálculos, os seguintes dados devem ser inseridos:

- Número da Parcela;
- Área da Parcela (ha);
- Volume da Parcela (m³).

O resultado final do cálculo com este método será o volume total estimado do local. Porém, além deste valor, as seguintes estatísticas são calculadas e apresentadas, como mostra o Quadro 6.

Estatística	Fórmula
Média por parcela	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$
Variância	$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1}$
Desvio Padrão	$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1}}$
Variância da Média	População Finita $S_{\bar{x}}^2 = \frac{s_x^2}{n} \left(\frac{N-n}{N} \right)$ População Infinita $S_{\bar{x}}^2 = \frac{s_x^2}{n}$
Erro Padrão	População Finita $S_{\bar{x}} = \pm \frac{S_x}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(\frac{N-n}{N} \right)}$ População Infinita $S_{\bar{x}} = \pm \frac{S_x}{\sqrt{n}}$
Coefficiente de Variação	$CV = \frac{S_x}{\bar{x}} \cdot 100$
Erro Absoluto	$E_a = \pm t \cdot S_{\bar{x}}$
Erro Relativo	$E_r = \pm \frac{t \cdot S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100$
Intervalo de Confiança Mínimo (média)	$IC_{min} = \bar{x} - E_a$
Intervalo de Confiança Máximo (média)	$IC_{max} = \bar{x} + E_a$
Valor Total Mínimo	$Total_{min} = N(\bar{x} - E_a)$
Valor Total Máximo	$Total_{max} = N(\bar{x} + E_a)$
Valor Total Médio	$Total_{med} = N \cdot \bar{x}$
Onde: n = número de parcelas da amostra N = número de parcelas do local X _i = Valor do volume de cada parcela da amostra t = Valor tabelado t de Student	

QUADRO 6 – ESTATÍSTICAS CALCULADAS NO INVENTÁRIO FLORESTAL
 FONTE: (SANQUETTA ET AL., 2009)

Para se verificar se a população é finita ou infinita, segundo Péllico, Netto e Brena (1997), a seguinte regra deve ser seguida:

$$\text{Se } \left(1 - \frac{n}{N}\right) \geq 0,98 \rightarrow \text{população é finita. Caso contrário, é infinita.}$$

3.1.4 Cálculo do volume utilizando uma equação padrão

O usuário deseja utilizar uma equação padrão de volume para as características do local. Assim como no método descrito na seção 3.1.1 onde o usuário deseja saber os valores padrões para um local com estas características, neste método ele deseja utilizar uma equação padrão cadastrada no sistema.

Neste caso, o *software* também tem cadastrado no banco de dados, um conjunto de equações para diversas características de locais. Também foram realizados levantamentos das equações já utilizadas (conforme seção 3.2 – Valores, Equações e Modelos Padrões).

Para a realização dos cálculos, o usuário deve ter os dados das árvores das parcelas escolhidas de forma aleatória. Para a utilização das fórmulas estatísticas que irão realizar os cálculos, os seguintes dados devem ser inseridos:

- Número da Parcela;
- Área da Parcela (ha);
- Árvore;
- dap (cm);
- altura (m).

É importante ressaltar que as variáveis da árvore (dap e altura) devem ser informadas caso a equação sugerida necessite destes valores, ou seja, os dados de entrada são solicitados conforme as variáveis identificadas que constam da equação sugerida.

O cálculo inicia com a leitura do arquivo com os dados das árvores. Para cada árvore, é aplicada a equação substituindo as variáveis da equação pelos respectivos valores lidos. Em seguida, o programa aplica a equação para calcular o volume da árvore. Em seguida, faz a soma de todas as árvores da parcela, obtendo-se, assim, o volume da parcela.

Com os valores de todas as parcelas, o procedimento recai no método descrito na seção 3.1.3 e utiliza as técnicas de inventário florestal para amostragem aleatória simples com o objetivo de se estimar o volume total do local.

3.1.5 Cálculo do volume selecionando uma equação cadastrada

Neste caso, em vez de utilizar uma equação padrão sugerida pelo sistema, o *software* apresenta todas as equações cadastradas para o usuário selecionar aquela que acredita ser a mais apropriada para o local que está cadastrando.

Neste método, os dados de entrada, a forma de se calcular e os resultados são os mesmos descritos na seção 3.1.4, somente com a diferença de que em vez de se utilizar a equação padrão para um local com as suas características, uma equação qualquer é selecionada.

3.1.6 Cálculo do volume cadastrando uma nova equação

O *software* também permite que novas equações sejam cadastradas. A equação será incorporada ao banco de dados e poderá ser utilizada na estimativa de novos locais.

O *software* está preparado para receber todos os itens da equação, como valores constantes e variáveis cadastradas no sistema. Os operadores matemáticos encontram-se no Quadro 7.

+	Soma
-	Subtração
*	Multiplicação
/	Divisão
^	Potência
Sqrt	Raiz Quadrada
In	Logaritmo Natural
log	Logaritmo base 10
EXP	Exponencial

QUADRO 7 – OPERADORES MATEMÁTICOS

FONTE – O AUTOR

Após o cadastramento da nova equação, o procedimento recai nos métodos descritos nas seções 3.1.4 e 3.1.5 para a estimativa do local.

3.1.7 Cálculo do volume utilizando um modelo matemático padrão

O usuário que desejar utilizar um modelo matemático padrão de volume cadastrado no sistema para as características do local, ajustar uma equação deste modelo e estimar o volume do local, procederá conforme o método descrito na seção 3.1.4, no qual utilizará equações padrões.

Neste método é possível aplicar modelos matemáticos padrões por características do local. Os modelos cadastrados no sistema estão descritos na seção 3.2 Valores, Equações e Modelos padrões.

Como nesta opção será necessário fazer o ajuste do modelo para se gerar uma nova equação, é necessário que seja informado, além das dimensões das árvores, o volume observado de cada árvore da amostra que será utilizada no ajuste. Este volume deve ter sido calculado pela utilização de qualquer método de cubagem como os métodos de HUBER, SMALIAN, NEWTON, HOHENADL, dentre outros. É necessária a medição de diâmetros nas várias alturas, ou seja, devem-se seccionar as árvores em toras (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2003).

O sistema apresenta este modelo padrão e o cálculo do valor do local segue as seguintes etapas:

Primeiramente o usuário informa os dados de uma amostra de árvores para o ajuste de uma equação. Este arquivo de entrada contém os seguintes dados:

- Árvore;
- Volume Observado (m^3);
- dap (cm);
- altura (m).

Nestes dados de entrada, segue a mesma observação de que serão solicitadas como entrada, somente as variáveis que constam no modelo (neste exemplo, as variáveis dap e altura).

O *software* utiliza as técnicas de Regressão Linear (conforme seção 3.5 Regressão Linear na Linguagem Java) para ajustar os coeficientes do modelo.

De posse da equação ajustada, o método recai nas situações descritas nas seções 3.1.4, 3.1.5 e 3.1.6 onde uma equação é utilizada para calcular o valor do local.

Após o ajuste da equação, além da equação, as seguintes estatísticas são calculadas e apresentadas no Quadro 8.

Estatística	Fórmula
Soma dos quadrados de regressão	$SQ_{Reg} = \sum (V_{est} - \bar{V}_{obs})^2$
Soma dos quadrados dos resíduos	$SQ_{Res} = \sum (V_{obs} - V_{est})^2$
Soma dos quadrados Totais	$SQ_{Tot} = \sum (V_{obs} - \bar{V}_{obs})^2$
Coeficiente de determinação Múltipla	$R^2 = 1 - \left(\frac{SQ_{Res}}{SQ_{Tot}} \right)$
Coeficiente de determinação Múltipla (ajustado)	$R^2_{Ajust} = 1 - (1 - R^2) \cdot \left(\frac{n - 1}{n - p - 1} \right)$
Erro Padrão da Estimativa	$S_{yx} = \sqrt{\frac{SQ_{Res}}{n - p}}$
Erro Padrão da Estimativa (%)	$S_{yx}(\%) = \frac{S_{yx}}{\bar{V}_{obs}} \cdot 100$
Critério de Informação de Akaike (AKAIKE, 1971) (BURNHAM; ANDERSON, 2002)	Se $\frac{n}{p} < 40$ $AIC = -2 \left(\frac{-n}{2} \ln \left(\frac{1}{n} SQ_{Res} \right) \right) + 2p \cdot \frac{n}{n - p}$ Senão $AIC = -2 \left(\frac{-n}{2} \ln \left(\frac{1}{n} SQ_{Res} \right) \right) + 2p$
Critério de Informação Bayesiano ou de Schwarz (SCHWARZ, 1978)	$BIC = -2 \left(\frac{-n}{2} \ln(SQ_{Res}) \right) + \ln(n) \cdot p$
Índice de Concordância de Willmott (WILLMOTT; CKLESON; DAVIS, 1985)	$Willmott = 1 - \frac{SQ_{Res}}{\sum (V_{est} - \bar{V}_{obs} - V_{obs} - \bar{V}_{obs})^2}$
Onde: V_{est} = Volume estimado; V_{obs} = Volume observado; \bar{V}_{obs} = Média do Volume observado; n = número de árvores da amostra; p = Número de variáveis do modelo.	

QUADRO 8 – ESTATÍSTICAS DO AJUSTE DE MODELOS
 FONTE – (SANQUETTA ET AL., 2009)

O seguinte diagrama da Figura 16 explica o algoritmo de ajuste do modelo programado no *software*:

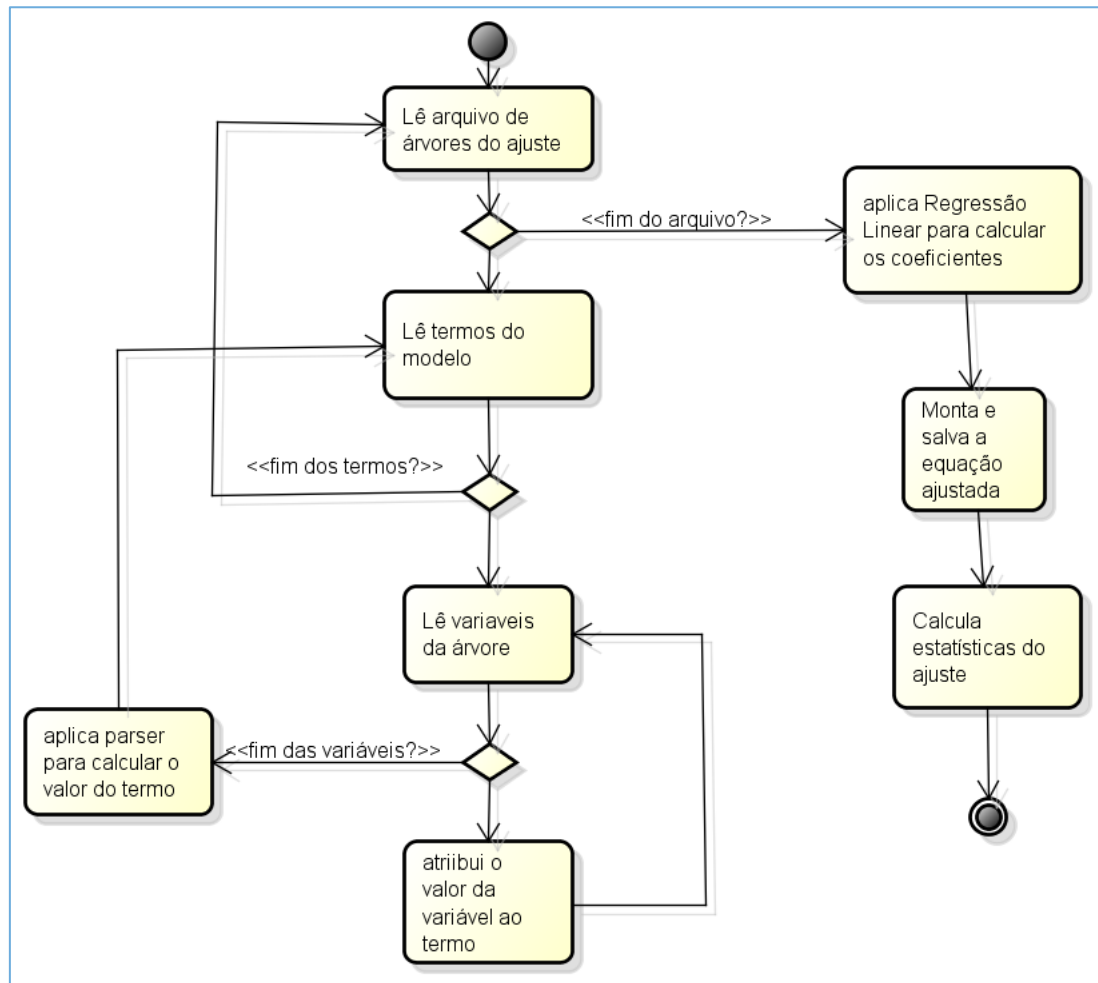


FIGURA 16 – ESQUEMA DO AJUSTE DO MODELO
 FONTE – O AUTOR (2015)

3.1.8 Cálculo do volume selecionando um modelo cadastrado

O usuário deseja utilizar um modelo matemático de volume cadastrado no sistema.

Neste método, são apresentados todos os modelos de volume cadastrados no sistema, assim, o usuário tem a possibilidade de selecionar aquele que acredita ser o melhor para as características do local que deseja cadastrar.

Após selecionar o modelo e entrar com os dados das árvores para o ajuste de uma equação, o método segue os mesmos passos do anterior.

3.1.9 Cálculo do volume cadastrando um novo modelo matemático

Neste método, o *software* permite que um novo modelo matemático seja cadastrado. O modelo deve ser linear com ou sem a opção de aplicar o logaritmo. São apresentados os coeficientes que podem ser utilizados (b_0 , b_1 , b_2 , entre outros), constantes numéricas que podem ser digitadas e as variáveis cadastradas no sistema. Também podem ser aplicados os mesmos operadores matemáticos mostrados no QUADRO 7.

Após a montagem do modelo, o ajuste da equação e estimativa de volume do local, seguem os passos descritos na seção 3.1.7.

3.1.10 Cálculo do volume utilizando *Data Mining* com Classificador Baseado em Instâncias

Conforme descrito na seção 3.3 - Utilização de *Data Mining* com Classificador Baseado em Instâncias para estimar volume, biomassa e carbono, alguns parâmetros que a técnica exige devem ser informados:

- a) Tipos de Distância: Euclidiana, Quadrática, Manhattan, Chebychev;
- b) Quantidade de Vizinhos: O *software* está programado para calcular a distância de 1, 3 ou 5 vizinhos;
- c) Ponderação: O *software* está programado para utilizar as ponderações do inverso da distância ($1/d$) e inverso da distância ao quadrado ($1/d^2$).

Em seguida, entra-se com uma amostra de árvores para se calcular as estatísticas do ajuste. Tais estatísticas são importantes para medir se os dados da amostra serão úteis para serem utilizadas no cálculo do volume do local. Caso as estatísticas sejam insatisfatórias, não é aconselhável utilizá-las. O mesmo raciocínio

ocorre na utilização de uma equação, quando as estatísticas do ajuste da equação não são satisfatórias, não se utiliza a equação.

Caso as estatísticas sejam satisfatórias, o passo seguinte é informar os dados das árvores das parcelas (como nos métodos anteriores). O método utiliza as árvores informadas no ajuste como a base para se estimar o volume das árvores das parcelas.

Após o cálculo do volume das árvores e parcelas, os procedimentos são os mesmos dos métodos anteriores para se estimar o volume do local.

3.1.11 Equação de conversão de volume em biomassa

A biomassa pode ser calculada empregando os dez métodos descritos nas seções anteriores utilizando-se equações e modelos de biomassa.

Além desses métodos, é possível calcular a biomassa a partir do volume calculado pelo próprio *software*.

Para o cálculo da biomassa a partir do volume calculado, o sistema utiliza a seguinte equação (IPCC, 2006):

$$B = V * D * FEB * (1 + R) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

B = Biomassa (t);

V = Volume (m³);

D = Massa específica básica da madeira (t.m⁻³);

FEB = Fator de Expansão da Biomassa (adimensional);

R = Razão de raízes (adimensional).

3.1.12 Equação de conversão de volume e/ou biomassa em carbono

Assim como a biomassa, o carbono também pode ser calculado empregando os dez métodos descritos nas seções anteriores utilizando-se equações e modelos de carbono. Além desses métodos, é possível calcular o carbono a partir do volume e/ou biomassa, calculados pelo próprio *software*. Para este cálculo, são usadas as seguintes equações (IPCC, 2006):

$$C = V * D * FEB * (1 + R) * TC \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

C = Carbono (t);

V = Volume (m³);

D = Massa específica básica da madeira (t.m⁻³);

FEB = Fator de Expansão da Biomassa (adimensional);

R = Razão de raízes (adimensional);

TC = Teor de carbono (t.t⁻¹dm)

Caso o *software* tenha calculado somente a biomassa, a seguinte equação de conversão é utilizada:

$$C = B * TC \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

C = carbono (t);

B = Biomassa (t);

TC = Teor de carbono (t.t⁻¹dm).

3.2 VALORES, EQUAÇÕES E MODELOS PADRÕES

O *software* JCarbon tem um cadastro de valores, equações e modelos padrões para as seguintes características de local:

Floresta Nativa: Bioma e Formação

Floresta Plantada: Bioma, Formação, Gênero, Idade e Espaçamento

3.2.1 Valores Padrões

Para cada conjunto dessas características, existem valores padrões de volume, biomassa e carbono por hectare. Estes valores estão cadastrados no banco de dados do sistema *JCarbon* e são utilizados quando o usuário deseja somente fazer uma estimativa baseado nas características do local.

As Tabela 1, 2 e 3 mostram, respectivamente, os valores padrões de volume, biomassa e carbono para florestas nativas e Bioma Mata Atlântica.

TABELA 1 – VALORES PADRÕES DE VOLUME (M3/HA) PARA FLORESTAS NATIVAS E BIOMA MATA ATLÂNTICA

Formação	Estágio Inicial	Estágio Médio	Estágio Avançado
Floresta Ombrófila Densa	31,55	80,83	144,66
Floresta Estacional Semidecidual	28,13	57,16	102,30
Floresta Ombrófila Mista	34,69	88,86	228,56

FONTE: (SILVEIRA, 2008)

TABELA 2 – VALORES PADRÕES DE BIOMASSA (T/HA) PARA FLORESTAS NATIVAS E BIOMA MATA ATLÂNTICA

Formação	Estágio Inicial	Estágio Médio	Estágio Avançado
Floresta Ombrófila Densa	63,10	153,58	251,70
Floresta Estacional Semidecidual	56,25	108,61	178,00
Floresta Ombrófila Mista	69,37	168,84	397,70

FONTE: (VERES, 2012)

TABELA 3 – VALORES PADRÕES DE CARBONO (T/HA) PARA FLORESTAS NATIVAS E BIOMA MATA ATLÂNTICA

Formação	Estágio Inicial	Estágio Médio	Estágio Avançado
Floresta Ombrófila Densa	26,49	64,48	105,68
Floresta Estacional Semidecidual	24,28	46,70	76,54
Floresta Ombrófila Mista	28,84	70,23	165,02

FONTE: (WATZLAWICK ET AL., 2002)

A seguir serão apresentados os valores padrões para florestas plantadas. Para este tipo de floresta, os valores são armazenados também por bioma e formação, porém subdivididos por gênero, sítio, espaçamento e idade. Neste cadastro inicial do sistema, foram contemplados os gêneros pinus e eucalipto, os sítios classificados como Ruim (índice de sítio 20), Bom (índice de sítio 22) e Ótimo (índice de sítio 24), os espaçamentos considerados foram 2m x 2,5m e 3m x 2m. Os valores foram calculados utilizando-se os *softwares* Sispinus e Siseucalipto. A Tabela 4 mostra, respectivamente, os valores padrões de volume, biomassa e carbono para essas combinações de características. Por limitação de espaço, nesta tabela é apresentada somente a idade de 20 anos, porém, no cadastro do *software* e nos Apêndices A e B estão todas as idades de 1 a 20 anos.

TABELA 4 – VALORES PADRÕES PARA FLORESTAS PLANTADAS COM IDADE DE 20 ANOS

Gênero	Sítio	Espaçamento (mxm)	Volume (m³/ha)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)
Pinus	Ruim	2x2,5	630,60	291,20	119,39
		3 x 2	602,40	278,18	114,05
	Bom	2x2,5	743,70	343,43	140,80
		3x2	718,90	331,97	136,11
	Ótimo	2x2,5	860,70	397,46	162,95
		3x2	840,10	387,94	159,05
Eucalipto	Ruim	2x2,5	257,60	118,95	48,77
		3x2	241,30	111,42	45,68
	Bom	2x2,5	309,50	142,92	58,59
		3x2	293,30	135,44	55,53
	Ótimo	2x2,5	363,20	167,72	68,76

FONTE: (SISPINUS, 2015) E (SISEUCALIPTO, 2015)

Ressalta-se que o banco de dados é aberto para novas informações, ou seja, para os valores que não constam no banco de dados, é possível cadastrá-los a qualquer tempo.

3.2.2 Equações Padrões

Da mesma forma, o sistema também possui um cadastro de equações padrões por características do local.

No QUADRO 9 são apresentadas as equações padrões de volume, biomassa e carbono para florestas nativas e Bioma Mata Atlântica. As equações são válidas para os três tipos de estágios.

Formação	Equação
Floresta Ombrófila Densa	<p>Volume: $0,00824 + 0,00006 \cdot \text{dap}^2 \cdot h$</p> <p>Biomassa aérea: $-1,13617 + 0,03128 \cdot \text{dap}^2 \cdot h$ (SILVEIRA, 2008)</p> <p>Biomassa raízes: $\text{EXP}(-2,96 + 1,072 \cdot \text{LN}(\text{dap}^2))$ (NOGUEIRA Jr. et al, 2014)</p> <p>Carbono aérea: $-0,44653 + 0,01229 \cdot \text{dap}^2 \cdot h$ Adaptado de (SILVEIRA, 2008)</p> <p>Carbono raízes: $\text{EXP}(-2,960 + 1,072 \cdot \text{LN}(\text{dap}^2)) \cdot 0,3909$ (MOGNON 2015)</p>
Floresta Estacional Semidecidual	<p>Volume: $= 0,000074 \cdot \text{dap}^{1,707348} \cdot h^{1,16873}$ (CETEC, 1995)</p> <p>Biomassa aérea: $= 10^{(-0,882390231 + 2,409594057 \cdot \text{LOG}(\text{dap}))}$</p> <p>Biomassa raízes: $\text{EXP}(-2,960 + 1,072 \cdot \text{LN}(\text{dap}^2))$ (NOGUEIRA Jr. et al, 2014)</p> <p>Carbono aérea: $10^{(-0,882390231 + 2,409594057 \cdot \text{LOG}(\text{dap}))} \cdot 0,39301$</p> <p>Carbono raízes: $\text{EXP}(-2,960 + 1,072 \cdot \text{LN}(\text{dap}^2)) \cdot 0,3909$ (MOGNON 2015)</p>
Floresta Ombrófila Mista	<p>Volume: $0,000074 \cdot \text{dap}^{1,707348} \cdot h^{1,16873}$ (CETEC, 1995)</p> <p>Biomassa aérea: $-3,025 \cdot \text{dap} + 0,425 \cdot \text{dap}^2 + 0,006 \cdot (\text{dap}^2 \cdot h)$ (RATUCHNE, 2010)</p> <p>Biomassa raízes: $= \text{EXP}(-2,960 + 1,072 \cdot \text{LN}(\text{dap}^2))$ (NOGUEIRA Jr. et al, 2014)</p> <p>Carbono aérea: $-3,025 \cdot \text{dap} + 0,425 \cdot \text{dap}^2 + 0,006 \cdot (\text{dap}^2 \cdot h) \cdot 0,4147$ (MAAS, 2015)</p> <p>Carbono raízes: $\text{EXP}(-2,960 + 1,072 \cdot \text{LN}(\text{dap}^2)) \cdot 0,3909$ (MOGNON 2015)</p>

QUADRO 9 – EQUAÇÕES PADRÕES PARA FLORESTAS NATIVAS

FONTE – O AUTOR (2015)

No QUADRO 10 são apresentadas as equações padrões de volume, biomassa e carbono para florestas plantadas por gênero de árvores.

Gênero	Equação
Pinus	Volume: $0,013019 + 0,00000294 \cdot \text{dap}^2 \cdot h$
	Biomassa: $8,5466111 + 0,019331 \cdot \text{dap}^2 \cdot h$
	Carbono: $c = 2,1314 + 0,008736 \cdot \text{dap}^2 \cdot h$
Eucalipto	Volume: $0,011007 + 0,0000258 \cdot \text{dap}^2 \cdot h$
	Biomassa: $7,988488 + 0,018726 \cdot \text{dap}^2 \cdot h$
	Carbono: $3,435396 + 0,008422 \cdot \text{dap}^2 \cdot h$

QUADRO 10 – EQUAÇÕES PADRÕES PARA FLORESTAS PLANTADAS
FONTE – O AUTOR (2015)

Além destas equações padrões por características de local, o banco de dados do sistema foi alimentado com diversas equações que podem ser utilizadas no cadastramento de novos locais. Tais equações foram retiradas de Figueiredo *et al.* (2014).

3.2.3 Modelos Padrões

O modelo para floresta nativa ou plantada de qualquer característica que será apresentado como modelo padrão do sistema para Volume, Biomassa e Carbono será o modelo de Schumacher-Hall:

$$\ln(Y) = b_0 + b_1 \ln(\text{dap}) + b_2 \ln(h) \quad \text{Equação 4}$$

Onde: dap = diâmetro à altura do peito (cm);

h = altura total (m).

3.3 UTILIZAÇÃO DE *DATA MINING* COM CLASSIFICADOR BASEADO EM INSTÂNCIA PARA ESTIMAR VOLUME, BIOMASSA E CARBONO

Neste trabalho utilizou-se a técnica de *Data Mining* conhecida como Classificação Baseada em Instância, que dispõe das próprias instâncias da base de dados para fazer estimativas de novos casos. A técnica baseia-se na premissa de que instâncias, quando os vetores formados por suas dimensões são próximos, tendem a pertencer a uma mesma classe. Esta proximidade pode ser medida por meio da distância entre os vetores formados pelas variáveis relacionadas ao objeto de estudo. No caso das estimativas realizadas pelo *software* JCarbon, essas variáveis são as dimensões das árvores (como, por exemplo, dap e altura).

Para o cálculo da distância entre os vetores, foram programados quatro tipos de distância, como mostra o QUADRO 11.

Distância	Fórmula
Euclidiana	$d(p, q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}$
Quadrática	$d(p, q) = \sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2$
Manhattan	$d(p, q) = \sum_{i=1}^n p_i - q_i $
Chebychev	$d(p, q) = \text{MAX} p_i - q_i $
Onde: d = distância; n = quantidade de árvores da amostra; p _i = Vetor com as dimensões da árvore base da execução; q _i = Vetor com as dimensões da árvore calculada.	

QUADRO 11 – TIPOS DE DISTÂNCIA
FONTE – O AUTOR(2015)

A seguir, será mostrado um exemplo de como é o funcionamento do método.

Suponha uma base com quatro árvores e suas dimensões, que irão servir de base para estimar o volume de outras árvores, e uma quinta árvore que de deseja estimar o volume, como mostra a Tabela 5.

TABELA 5 – EXEMPLO DE BASE DE INSTÂNCIAS

Árvore	dap(cm)	altura(m)	Volume Observado(m ³)
1	24,6	25,5	0,5375
2	26,5	26,2	0,6119
3	23,5	23,4	0,4000
4	27,5	27,5	0,7157
5	25,5	26,1	Valor desconhecido

FONTE: O AUTOR (2015)

Primeiramente, deve-se calcular a distância do vetor formado pelas dimensões da árvore cinco (dap e altura) e o vetor das quatro árvores da tabela base. Neste exemplo, será usada a distância euclidiana, conforme mostrada no QUADRO 11.

$$d(5,1) = \sqrt{(Dap_5 - Dap_1)^2 + (Altura_5 - Altura_1)^2} = \sqrt{(25,5 - 24,6)^2 + (26,1 - 25,5)^2} = 1,08$$

$$d(5,2) = \sqrt{(Dap_5 - Dap_2)^2 + (Altura_5 - Altura_2)^2} = \sqrt{(25,5 - 26,5)^2 + (26,1 - 26,2)^2} = 1,00$$

$$d(5,3) = \sqrt{(Dap_5 - Dap_3)^2 + (Altura_5 - Altura_3)^2} = \sqrt{(25,5 - 23,5)^2 + (26,1 - 23,4)^2} = 3,36$$

$$d(5,4) = \sqrt{(Dap_5 - Dap_4)^2 + (Altura_5 - Altura_4)^2} = \sqrt{(25,5 - 27,5)^2 + (26,1 - 27,5)^2} = 2,47$$

Com estes cálculos, observa-se que a menor distância do vetor da árvore cinco, é a árvore dois (distância de 1,00). Então, o volume estimado da árvore cinco será o volume da árvore dois (0,6119).

É comum neste tipo de abordagem, a ocorrência de “ruídos”, que são instâncias não bem posicionadas na base (AHA; KIBLER; ALBERT, 1991). Isso significa que mesmo uma determinada instância tendo suas dimensões dentro do padrão das demais, possui o valor da variável dependente muito diferente dos valores das outras instâncias. Essa instância, então, é chamada de “ruído” (diferente de um “outlier” que é um valor atípico e não aceitável para o conjunto de dados). No caso das instâncias deste trabalho, um “ruído” seria uma árvore com valores de dap e altura parecidos com outras instâncias da base, porém com um valor do Volume muito diferente destas instâncias. O problema que poderia ocorrer, seria tomar como

base o valor do Volume desta instância considerada “ruído”, pois estaria fora dos padrões e poderia causar erros na estimativa.

Para minimizar a vulnerabilidade de se basear em informações de instâncias com essas características, a técnica de Classificação Baseada em Instância utiliza algumas variações do método. Assim, pode-se adotar como parâmetro, um vizinho mais próximo (mais suscetível a ruídos) ou fazer uma ponderação com 3 (ou mais) vizinhos mais próximos para que se dilua o erro. Neste caso, utiliza-se a informação dos três (ou mais) vizinhos mais próximos, mas privilegia o de menor distância aplicando como peso de ponderação o inverso da distância. Tal procedimento é indicado no estudo de Bradzil (2003) onde são feitas estimativas de um até cinco vizinhos que estejam mais próximos.

3.3.1 Variações utilizando vizinhos mais próximos

As três variações do método utilizadas no *software* foram:

a) Vizinho mais próximo:

Nesse caso, o volume estimado foi obtido da árvore com menor distância à árvore considerada, conforme descrito no exemplo.

b) Três vizinhos mais próximos com ponderação do inverso da distância ($1/d$)

Nesse caso, foram consideradas as três árvores mais próximas à árvore que se deseja estimar o volume, e, para privilegiar o volume das árvores na ordem de distância, o peso de ponderação foi calculado com o inverso da distância ($1/d$). Semelhante ao vizinho mais próximo, tendo-se uma árvore para se estimar o volume, deve-se calcular a distância entre o vetor formado pelas suas dimensões de dap e altura e todas as árvores da amostra, conforme evidenciado na Figura 17. Porém, nessa variação da técnica, faz-se uma ponderação entre as três menores

distâncias, conforme equação 5. O volume desconhecido será o resultado da referida ponderação.

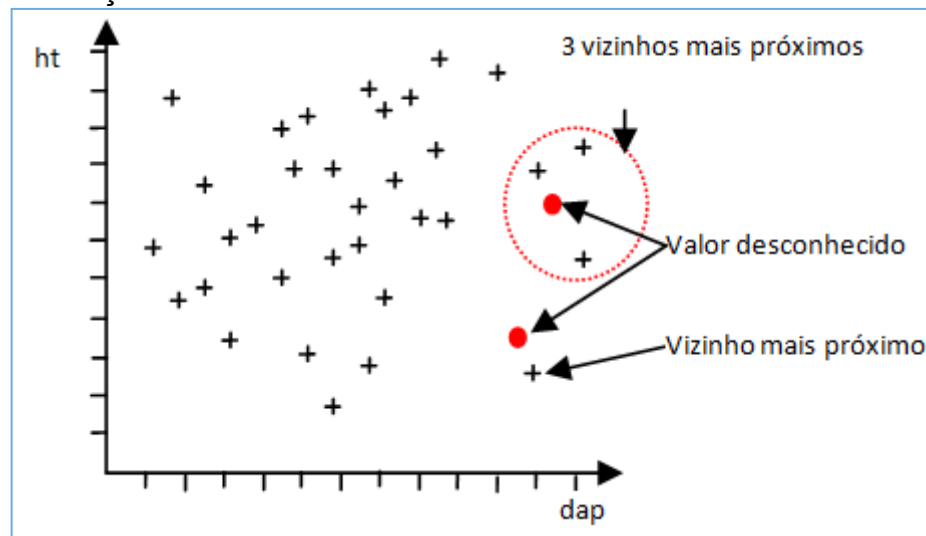


FIGURA 17 – REPRESENTAÇÃO DE ÁRVORES E SEUS VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS
FONTE – O AUTOR (2015)

Os cálculos desta ponderação estão descritos na equação 5.

$$V_{est} = \frac{V_{obs1} \cdot p_1 + V_{obs2} \cdot p_2 + V_{obs3} \cdot p_3}{p_1 + p_2 + p_3} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$$p_n = \frac{1}{d_n} \quad \text{Equação 6}$$

p_n = peso de ponderação das três árvores mais próximas;

d_n = distância entre a árvore considerada e as três árvores mais próximas;

V_{obsn} = volume Observado das três árvores mais próximas;

V_{est} = volume Estimado (ou calculado).

c) Três vizinhos mais próximos com ponderação do inverso da distância ao quadrado ($1/d^2$):

Nesta variação do método, para se privilegiar ainda mais a informação da árvore mais próxima, utiliza-se o inverso da distância ao quadrado e o peso da ponderação fica como mostra a equação 7.

$$p_n = \frac{1}{d_n^2} \quad \text{Equação 7}$$

A Figura 18 mostra o fluxograma do algoritmo para se estimar um determinado volume.

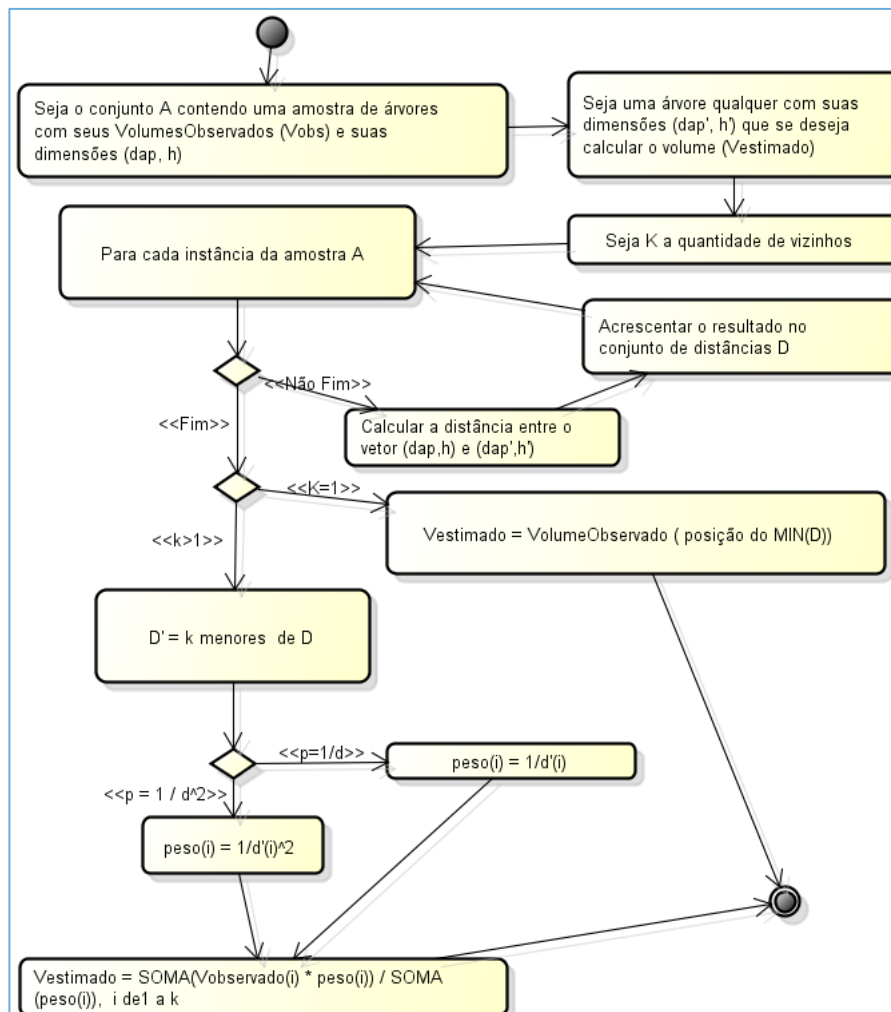


FIGURA 18 - FLUXOGRAMA DE ESTIMATIVA DE VOLUME COM DM
FONTE – O AUTOR(2015)

3.4 TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA A CONSTRUÇÃO DO SOFTWARE

Quando se desenvolve um *software*, deve-se selecionar as tecnologias que serão utilizadas como linguagens de programação, banco de dados, bibliotecas, *frameworks*, servidores de aplicação, etc. Esta escolha depende das características do software que se deseja construir.

Para o desenvolvimento do *software* JCarbon, as seguintes tecnologias foram utilizadas:

Linguagem de Programação Java

A linguagem Java foi escolhida por atender ao paradigma orientado a objetos e por ser difundida no mercado de desenvolvimento de *software*, utilizada por empresas de todo o mundo Oracle (2015). Por possuir uma biblioteca de programação com muitas funções já implementadas, facilita e agiliza o trabalho de desenvolvimento, além de possuir suporte para a programação para *web*.

Esta linguagem foi escolhida por ser amplamente utilizada no mercado e também na academia com amplo suporte pela fabricante (ORACLE, 2014). Segundo o índice Tiobe (TIOBE SOFTWARE, 2015), que mede a popularidade das linguagens de programação, Java é a segunda em popularidade no mês de março de 2015, com 15,5%.

Banco de dados

Para o armazenamento dos dados manipulados pelo *software*, foi utilizado o banco de dados PostgreSQL 9.3. Trata-se de um sistema gerenciador de banco de dados relacional *open-source* de utilização livre que aplica a linguagem SQL (*Structured Query Language* – Linguagem de Consulta Estruturada) para manipulação dos dados. É amplamente empregado no desenvolvimento de *software* (POSTGRESQL, 2015).

Interface gráfica

Para a programação da interface gráfica, foi utilizado o *framework* Bootstrap (BOOTSTRAP, 2015), um *template* para codificação de páginas HTML (*Hiper Text Markup Language*), contendo CSS (*Cascade Style Sheets*) e JavaScript. O Bootstrap fornece os principais componentes dispostos nas páginas HTML com a opção de alteração de formatos e cores.

Ambiente de desenvolvimento

Para a codificação e testes do *software* foi utilizado o ambiente “NetBeans IDE 8.0.2”. Trata-se de um ambiente de programação integrado (*IDE – Integrated Development Environment*) apropriado para o desenvolvimento de aplicações corporativas para a *internet* na linguagem JAVA (NETBEANS, 2015).

Bibliotecas de programação

Quando se programa na linguagem JAVA, é comum a utilização de bibliotecas que fornecem procedimentos que não existem na linguagem nativa. Tudo depende da necessidade e característica do *software*, assim, elas são incorporadas ao projeto de desenvolvimento para serem aplicadas aos programas. No *software* JCarbon, foram utilizadas as bibliotecas conforme o Quadro 12.

Biblioteca	Descrição
Apache Commons Math 3.3.0	Biblioteca que contém componentes matemáticos e estatísticos
Apache Poi 3.9	Possibilita a leitura e gravação de planilhas Microsoft Excel©
Apache Fileupload 1.3.1	Possibilita o upload de arquivos para o servidor
JEP – Java Expression Parser 2.4.1	Parser que possibilita a aplicação de uma equação

QUADRO 12 – BIBLIOTECAS UTILIZADAS NO SOFTWARE
FONTE – O AUTOR(2015)

As bibliotecas da Apache podem ser encontradas em (THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION, 2013) e a biblioteca JEP em (JEP, 2015).

Servidor de aplicação

Para que um *software* fique disponível na *Internet*, é preciso haver um servidor para páginas dinâmicas que suporte a linguagem Java. Neste projeto, o servidor utilizado foi o GlassFish Server 4 (GLASSFISH, 2015).

A Figura 19 mostra os componentes de tecnologia acima descritos e onde são executados.

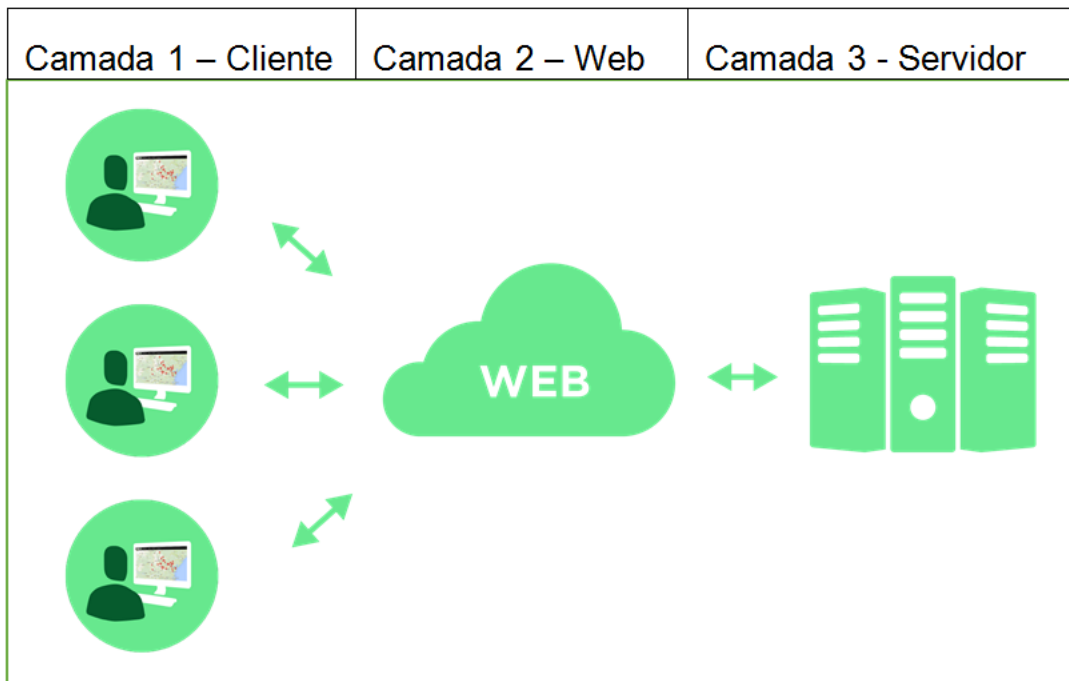


FIGURA 19 - COMPONENTES DA TECNOLOGIA DO SOFTWARE
 FONTE – O AUTOR (2015)

Nesta arquitetura, a Camada 1 – Cliente é responsável por mostrar o *software* ao usuário final que pode acessá-lo por meio de um navegador de *internet* digitando o endereço do *software*. No Navegador Web foi usada a linguagem HTML 5.0 e para os efeitos de tela, a Linguagem de Programação Java Script, conforme Figura 20.

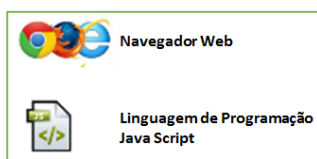


FIGURA 20 - FERRAMENTAS USADAS NA CAMADA CLIENTE
 FONTE – O AUTOR(2015)

A Camada 2 – *Web* é onde transitam as informações, vulgarmente chamada de “nuvem”. Esta camada faz a comunicação entre a camada cliente e servidor. Para este controle de navegação foi usado o servidor de aplicação Glass Fish, conforme Figura 21.

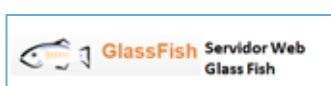


FIGURA 21 - TECNOLOGIA USADA NA CAMADA WEB
 FONTE – O AUTOR(2015)

A Camada 3 – Servidor é onde efetivamente o software está instalado e onde o banco de dados PostgreSQL armazena todas as informações. Para esta camada, além da Linguagem de Programação JAVA, foram usadas as Bibliotecas Apache Commons e Java Expression Parser, conforme Figura 22.



FIGURA 22 - TECNOLOGIAS USADAS NA CAMADA SERVIDOR
 FONTE – O AUTOR (2015)

3.5 REGRESSÃO LINEAR NA LINGUAGEM JAVA

Em estatística, Regressão Linear é um método para se estimar o valor de uma determinada variável a partir dos valores de outras variáveis. É chamada linear por considerar que a relação entre as variáveis é uma função linear. Caso a função não seja linear, devem-se utilizar outras técnicas para a estimativa, como Regressão não linear. Este método é empregado em diversas áreas do conhecimento e amplamente difundido na área florestal.

O modelo hipotético a seguir, exemplifica o método:

$$V = b_0 + b_1 * dap^2 + b_2 * dap * h \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

v = volume total (m³);

dap = diâmetro à altura do peito (cm);

h = altura total (m).

Dado um conjunto de valores para as variáveis dap e h , a questão é encontrar os valores de b_0 e b_1 para que o volume seja o mais próximo possível do real (mínimo de erro). Para este cálculo, é utilizado o Método dos Quadrados Mínimos ou OLS (do inglês *Ordinary Least Squares*). A técnica consiste na otimização matemática que procura encontrar o melhor ajuste para um conjunto de dados, tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados observados.

O *software* Microsoft Excel© é utilizado em muitos trabalhos da área florestal para ajuste de modelos. No JCarbon foi aplicado o método de Regressão Linear para o ajuste de um modelo de volume, biomassa ou carbono. Para isto, foram utilizadas bibliotecas em Java capazes de receber o conjunto de valores das variáveis e calcular os coeficientes do modelo para se determinar uma equação.

A seguir, serão apresentados os passos do programa na Linguagem Java que realizam Regressão Linear. Conforme descrito na seção 3.4 - Tecnologias Utilizadas para a construção do *software* JCarbon, para este procedimento, foi utilizada a seguinte biblioteca:

```
org.apache.commons.math3.stat.regression.OLSMultipleLinearRegression
```

O código fonte abaixo demonstra sua utilização:

```
OLSMultipleLinearRegression regression = new OLSMultipleLinearRegression();
regression.newSampleData(qtdeObs, valorEntrada);
double[] valorCoeficiente = regression.estimateRegressionParameters();
```

Na primeira linha, é criado um objeto chamado “*regression*” do tipo *OLSMultipleLinearRegression*. Com isso, é possível aproveitar os métodos disponíveis.

Na segunda linha são informados os parâmetros para a regressão:

- a) `qtdeObs` – é um vetor contendo os valores observados.
- b) `valorEntrada` – é um vetor cuja quantidade de dimensões é a quantidade de termos do modelo. Nele são colocados os valores calculados de cada termo do modelo e de todos os registros da amostra.

Finalmente, na terceira linha, é executada a regressão propriamente dita. A variável antes do sinal do igual ("`valorCoeficiente`") é um vetor contendo os valores de todos os coeficientes do modelo.

A Tabela 6 mostra os dados de entrada para a regressão utilizando dados fictícios e calculados com a biblioteca do Apache.

TABELA 6 – EXEMPLO DE REGRESSÃO LINEAR – DADOS DE ENTRADA

Árvore	dap(cm)	altura(m)	dap ²	dap*altura	qtdeObs
1	24,60	25,50	605,16	627,30	0,54
2	26,50	26,20	702,25	694,30	0,61
3	23,50	23,40	552,25	549,90	0,40
4	27,50	27,55	756,25	757,63	0,76
5	25,50	26,10	650,25	665,55	0,54
6	22,60	24,05	510,76	543,53	0,41
7	23,00	24,50	529,00	563,50	0,42
8	28,50	26,95	812,25	768,08	0,74
9	21,00	23,25	441,00	488,25	0,37
10	21,60	22,10	466,56	477,36	0,33

FONTE: O AUTOR (2015)

O vetor "`qtdeObs`" é formado pelos valores da última coluna. O vetor "`valorEntrada`", é o vetor contendo os valores das colunas `dap2` e `dap*altura`.

O vetor "`valorCoeficiente`" com os coeficientes calculados são:

$$b_0 = -0,3652 \quad b_1 = -0,0001 \quad b_2 = 0,0015$$

E a equação ajustada é:

$$V = -0,3652 - 0,0001 * dap^2 + 0,0015 * dap * h \quad \text{Equação 9}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os principais resultados obtidos neste trabalho. A seção 4.1 apresenta o *software* JCarbon com suas principais funcionalidades e forma de implementação. A seção 4.2 apresenta a modelagem das classes e seus relacionamentos.

4.1 APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE JCARBON

No *software* JCarbon, foi implementada a programação dos principais métodos empregados tradicionalmente na área florestal, como ajuste de modelos usando regressão linear, inventário florestal para estimativas de valores de volume, biomassa e carbono para um determinado local, cálculo destas variáveis por meio de equações de conversão e, principalmente, a contribuição deste trabalho, a técnica de *Data Mining*, para servir de parâmetro de comparação com estas técnicas tradicionais. Além disso, toda a programação seguiu os paradigmas de desenvolvimento de software, utilizou programação para *web*, no qual o *software* fica disponível para toda a comunidade interessada no mundo todo. Com a centralização do *software* e seu banco de dados num único servidor, todos os resultados produzidos ficam disponíveis para os especialistas da área.

Na sequência serão apresentadas as funcionalidades do sistema com o objetivo de demonstrar todos os resultados produzidos e a forma de se operacionalizar o *software*. O *software* encontra-se disponível na *web* no endereço www.app.sept.ufpr.br/jcarbon/.

O *software* JCarbon utiliza inicialmente um recurso do Google Maps© para apresentar os locais que já estão cadastrados. Tais locais são marcados no

momento do seu cadastramento e são armazenadas as coordenadas da latitude e longitude. A tela inicial do *software* é mostrada na Figura 23.

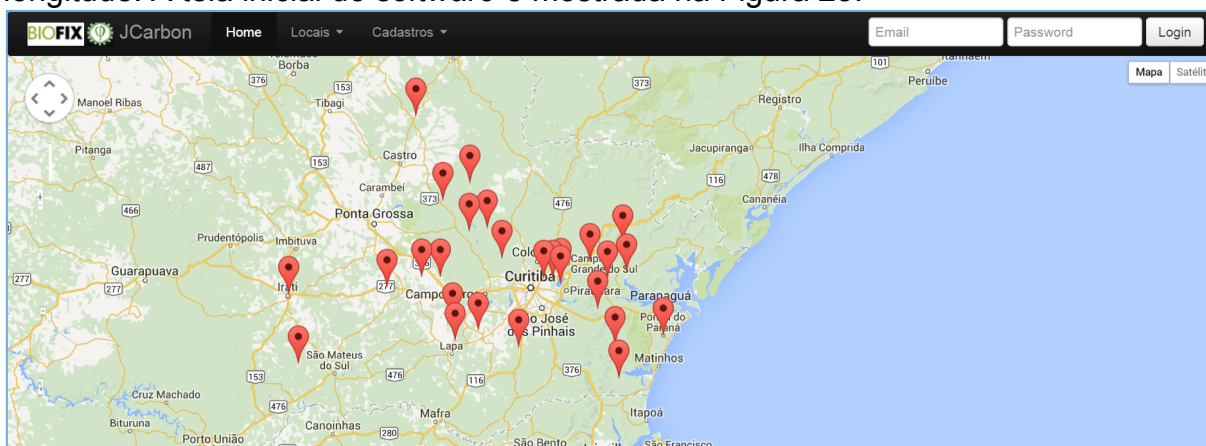


FIGURA 23 – TELA INICIAL DO JCARBON
FONTE: O AUTOR (2015)

Na barra superior, apresenta-se o menu do sistema, organizado da seguinte forma, como mostra a Figura 24:

Locais / Incluir:

A referida barra é utilizada quando se deseja incluir um novo local com todas as opções de cálculo para este local.

Locais / Consultar ou Excluir:

Este item exhibe todos os locais já cadastrados no sistema com as opções de pesquisa por meio de argumentos. Depois de selecionado o local desejado, apresenta todos os seus dados, os cálculos realizados para o local e a opção de geração de planilhas no *software* Microsoft Excel© com os detalhes de ajustes e estimativas.

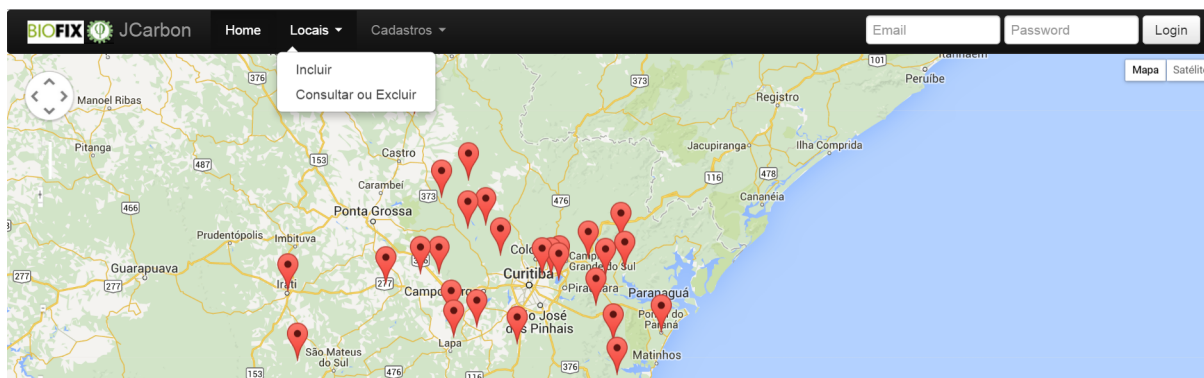


FIGURA 24 – MENU - LOCAIS
FONTE: O AUTOR (2015)

4.1.1 Incluir Locais

Ao selecionar a opção Incluir Locais, é apresentada uma tela com o mapa do Google Maps© (Figura 25).

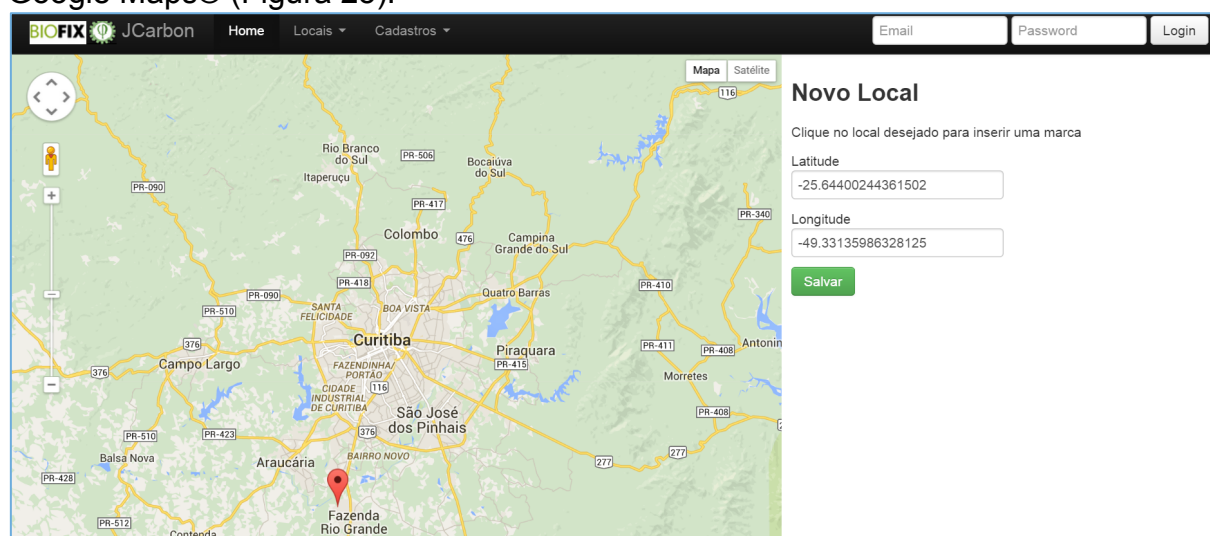


FIGURA 25 – TELA NOVO LOCAL - COORDENADAS
FONTE: O AUTOR (2015)

Esta tela permite a localização e marcação do local desejado. Após a seleção, as coordenadas de latitude e longitude são mostradas. Após salvar os dados, o novo local é incluído na base de dados. Caso o usuário não saiba a localização ou não queira selecionar o local, é possível salvar o local sem esta informação.

Depois de pressionado o botão Salvar, a tela da Figura 26 será apresentada.

The screenshot shows the 'Novo Local' (New Location) form in the JCarbon application. The form is titled 'Novo Local' and is part of the 'JCarbon' system. It includes a navigation bar with 'Home', 'Locais', and 'Cadastros' menus. The form fields are: 'Local' (text input), 'Endereço' (text input), 'Área Total (ha)' (text input), 'Tipo de Floresta' (dropdown menu with '--escolha--'), and 'Quais variáveis deseja calcular para o Local?' (dropdown menu with '--escolha--'). A green 'Avançar' (Next) button is located at the bottom of the form.

FIGURA 26 – TELA NOVO LOCAL – DADOS BÁSICOS
FONTE: O AUTOR (2015)

Nesta tela, os campos devem ser preenchidos conforme o QUADRO 13:

Campo	Descrição
Local	Informar o nome do local. Este nome pode ser seu nome conhecido (por exemplo, Chácara, Fazenda, entre outros), ou ainda alguma referência do local.
Endereço	Caso tenham sido selecionadas as coordenadas do local, o <i>software</i> já apresenta o endereço completo trazido do Google Maps.
Área Total (ha)	Área Total do local em hectares. Este valor será utilizado nos cálculos para estimar os valores de todo o local.
Tipo de Floresta	Selecionar o tipo de floresta que pode ser Nativa ou Plantada.
Quais variáveis deseja calcular para este local?	O usuário poderá escolher uma das 3 opções: 1-Volume 2-Volume, Biomassa e Carbono 3-Biomassa e Carbono

QUADRO 13 – TELA NOVO LOCAL – DADOS BÁSICOS
FONTE: O AUTOR (2015)

4.1.2 Cálculo do Volume do Local

Após informar todos os campos e supondo que seja escolhida a opção de se calcular Volume, Biomassa e Carbono, a seguinte tela será apresentada (Figura 27):

Novo Local - Cálculo do Volume

Local:

☐ 1 - Desejo saber os valores de Volume/Biomassa/Carbono padrões para um local com estas características
☐ 2 - Já conheço os valores de Volume/Biomassa/Carbono deste local e desejo somente cadastrá-los no sistema
☐ 3 - Tenho o Volume de Parcelas e desejo estimar o local

Opções de cálculo usando Equações:

☐ 4 - Desejo utilizar uma equação padrão do sistema para estimar o Volume
☐ 5 - Desejo selecionar uma equação cadastrada no sistema para estimar o Volume
☐ 6 - Desejo cadastrar uma nova equação para estimar o Volume

Opções de cálculo usando Modelos:

☐ 7 - Desejo utilizar um modelo padrão do sistema para ajustar uma equação estimar Volume
☐ 8 - Desejo selecionar um modelo cadastrado no sistema para ajustar uma equação e estimar o Volume
☐ 9 - Desejo cadastrar um novo modelo para ajustar uma equação e estimar o Volume

Opção de cálculo usando Data Mining:

☐ 10 - Tenho dados das árvores e desejo utilizar somente Data Mining para estimar o Volume do local

FIGURA 27 – TELA NOVO LOCAL – CÁLCULO DO VOLUME
 FONTE: O AUTOR (2015)

Nesta tela, são apresentadas todas as opções de cálculo de volume mostradas na seção 3.1 – Metodologia do *Software* JCarbon.

O princípio do *software* é oferecer diversas possibilidades de cálculo das variáveis que está preparado para calcular. Dependendo dos dados de entrada que o profissional da área florestal conseguiu coletar no campo, é possível fazer os cálculos de volume somente informando um valor previamente calculado para todo o local, utilizar somente os dados de parcelas caso sejam estes valores os que tenham sido coletados, utilizar equações para se estimar o volume das árvores das parcelas caso tenha-se somente medido suas dimensões e, finalmente, pode-se ajustar modelos cadastrados no sistema para se obter equações específicas para o local.

A seguir serão apresentadas as telas correspondentes a cada uma destas opções.

1 - Desejo saber os valores de Volume/Biomassa/Carbono padrões para um local com estas características

Nesta opção, os valores de Volume, Biomassa e Carbono são apresentados baseados nas características do local. Conforme apresentado na seção 3.2 – Valores, Equações e Modelos Padrões, o *software* possui em seu banco de dados, os valores padrões (por unidade de área) destas variáveis, para as características do local.

Dependendo do tipo de floresta (nativa ou plantada) informado no cadastramento do local, o sistema solicita os campos correspondentes a cada tipo que podem ser:

Para floresta nativa – Bioma, Formação e Estágio (inicial, médio e avançado).

Para floresta plantada – Bioma, Formação, Gênero, Índice de Sítio (ruim-20, bom-22, ótimo-24), Espaçamento (2 x 2,5m ; 2 x 3m) e idade.

As telas mostradas nas Figura 28 e 29 são montadas conforme a escolha do tipo de floresta.

BIOFIX JCarbon Home Locais Cadastros Sobre Email Senha Entrar

Novo Local - Volume

Desejo saber os valores padrões de Volume/Biomassa/Carbono para um local com estas características

Local:

Área Total(ha):

Bioma

Formação

Estágio

Calcular Valores Padrões

Volume(m3):

Biomassa(t):

Carbono(t):

FIGURA 28 - CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 1 – FLORESTA NATIVA
FONTE: O AUTOR (2015)

FIGURA 29 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 2 – FLORESTA PLANTADA
 FONTE: O AUTOR (2015)

Após o usuário informar as características e clicar no botão “Calcular Valores Padrões”, o *software* faz uma busca na base de dados utilizando as características informadas, multiplica os valores padrões pela área do local e apresenta estes resultados.

Pode-se verificar a vantagem e as implicações que este tipo de opção oferece para o profissional da área florestal. Ela concentra, num único *software*, valores padrões de volume, biomassa e carbono das principais características de locais, evitando que seja necessária a consulta à literatura e *softwares* que não fornecem estas informações de forma tão direta.

2 - Já conheço os valores de Volume/Biomassa/Carbono deste local e desejo somente cadastrá-los no sistema

Nesta opção, o usuário já conhece os valores do local e deseja somente deixar registrado no sistema. A tela da Figura 30 é semelhante à anterior, a diferença é que os campos estão disponíveis para digitação destes valores.

Novo Local - Volume
Já conheço os valores de Volume/Biomassa/Carbono deste local e desejo somente cadastrá-los no sistema

Local:

Área Total(ha):

Volume(m3):

Biomassa(t):

Carbono(t):

[Salvar](#)

FIGURA 30 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 2
FONTE: O AUTOR (2015)

Assim como na opção um, pode-se verificar que, com esta opção, é possível se construir um banco de informações de locais já estudados e que já se conheçam os valores de volume, biomassa e/ou carbono. Independente da forma que foram calculados, tanto profissionais como estudantes poderão consultar dados de diversos locais e, se desejarem, poderão contribuir com a comunidade registrando seus estudos.

3 - Tenho o Volume de Parcelas e desejo estimar o local

Nesta opção, o usuário conhece o volume de uma amostra de parcelas do local e deseja utilizar técnicas de inventário florestal para estimar o valor do local. Para isso, a tela que consta da Figura 31, será apresentada:

Novo Local - Volume
Tenho o Volume de Parcelas e desejo estimar o local

Local:

Área Total(ha):

Selecione um Arquivo com os dados das Parcelas e clique em Salvar Arquivo

[Escolher arquivo](#) Nenhum arquivo selecionado [Baixar Exemplo Arquivo de Parcelas](#)

[Salvar Arquivo](#)

Arquivo com dados Selecionado para o Cálculo

[Calcular Volume do local](#)

Volume Calculado do Local(m3)

FIGURA 31 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 3
FONTE: O AUTOR (2015)

Primeiramente o usuário deve pressionar o botão “Escolher arquivo” para escolher uma planilha do Microsoft Excel© contendo os dados das parcelas. Caso não conheça o formato desta planilha e deseja utilizar um modelo, ao pressionar o link “Baixar Exemplo Arquivo de Parcelas”, uma planilha com o cabeçalho e um exemplo de valores será apresentada para que sejam digitados os valores verdadeiros das parcelas. A planilha que exemplifica a situação mencionada é mostrada na Figura 32.

	A	B	C
1	Parcela	Area(ha)	Volume (m3)
2	1	10,1	10,1
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

FIGURA 32 – EXEMPLO DE ARQUIVO DE PARCELAS
FONTE: O AUTOR (2015)

Com isso, o usuário poderá montar a planilha de entrada com seus dados.

Após escolher o arquivo de entrada e clicar no botão “Salvar Arquivo” da Figura 31, o nome do arquivo escolhido é apresentado na tela, como mostra a Figura 33.

Finalmente, o usuário pressiona o botão “Calcular o Volume do local” e a tela que consta da Figura 33 será apresentada com o resultado. Neste caso, o volume apresentado é de todo o local, e foi estimado pelas técnicas explicadas na seção 3.1 – Metodologia do *Software* JCarbon.

Novo Local - Volume

Tenho o Volume de Parcelas e desejo estimar o local

Local:
Fazenda São Carlos

Área Total(ha):
10.0

Selecione um Arquivo com os dados das Parcelas e clique em Salvar Arquivo

[Escolher arquivo](#) Nenhum arquivo selecionado [Baixar Exemplo Arquivo de Parcelas](#)

[Salvar Arquivo](#)

Arquivo com dados Selecionado para o Cálculo
2012_VolumeParcela.xlsx

Cálculo Realizado com sucesso!

[Calcular Volume do local](#)

Volume Calculado do Local(m3)
1.848,18 [Ver detalhes do Cálculo](#) [Deseja Calcular a Biomassa do Local ?](#)

FIGURA 33 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 3 – RESULTADO
FONTE: O AUTOR (2015)

Nesta tela, além de ser apresentado o volume calculado do local, o *software* também apresenta o link “Ver detalhes do Cálculo” no qual são apresentadas as estatísticas calculadas. Neste caso, a seguinte tela será exposta (Figura 34).

Novo Local - Volume

Tenho o Volume de Parcelas e desejo estimar o local

Local:
Fazenda São Carlos

Área Total(ha):
10.0

Selecione um Arquivo com os dados das Parcelas e clique em Salvar Arquivo

[Escolher arquivo](#) Nenhum arquivo selecionado [Baixar Exemplo Arquivo de Parcelas](#)

[Salvar Arquivo](#)

Arquivo com dados Selecionado para o Cálculo
2012_VolumeParcela.xlsx

Cálculo Realizado com sucesso!

Detalhes do Cálculo

Local: Fazenda São Carlos

Variável de Interesse: Volume

Método de Cálculo: Inventário

Estatísticas da Estimativa

Média por Parcela(m3):	9,24
Variância:	3,16
Desvio Padrão:	1,78
Variância da Média:	0,13
Erro Padrão:	0,36
Coefficiente de Variação:	0,19
Erro Absoluto:	0,74
Erro Relativo:	8,04
Intervalo de Confiança Min(Média)(m3):	8,50
Intervalo de Confiança Max(Média)(m3):	9,98
Valor Total Mínimo(m3):	1.699,52
Valor Total Máximo(m3):	1.996,84
Valor Total Médio(m3):	1.848,18

FIGURA 34 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 3 – DETALHES
FONTE: O AUTOR (2015)

Esta tela apresenta as principais estatísticas do inventário. Elas são importantes para a análise da qualidade do inventário e para se conhecer os valores do volume total de todo o local, considerando-se a margem de erro (valores mínimos e máximos).

Esta opção do *software* tem uma importante implicação na tarefa de se realizar inventários florestais. Com ela, é possível não somente registrar os valores de parcelas coletados em campo, como também realizar os cálculos de forma rápida e sistematizada. Todas as informações do inventário ficarão registradas e estarão disponíveis para futuras consultas.

Após verificar os detalhes dos cálculos, fechar a janela e retornar para a tela da Figura 33, o usuário tem disponível o botão “Deseja Calcular a Biomassa do Local?”. Este botão só estará disponível se na tela de cadastramento dos dados básicos do local, foi selecionado que se deseja calcular Biomassa. A explicação de todas as opções de cálculo da biomassa será apresentada na seção 4.1.3 – Cálculo da Biomassa do Local.

4 - Desejo utilizar uma equação padrão do sistema para estimar o Volume

É comum nas atividades florestais a necessidade de se realizar estimativas por meio de equações. Como a quantidade de cubagens de árvores deve ser mínima para evitar que sejam derrubadas, é de grande importância que se tenham alternativas para que os valores de volume sejam calculados somente com as dimensões das árvores. Neste particular, a utilização de equações para estas estimativas é prática comum na área florestal.


Também é importante que as equações utilizadas produzam os resultados mais próximos do real e o volume estimado com as equações, seja o mais próximo do volume real da árvore. Para isso, o *software* procurou montar um banco de equações para diversas características de local. Supõe-se que uma equação que produza bons resultados para um local, o faça para locais com as mesmas características. Esta opção é importante para o profissional da área que não conheça nenhuma equação ou não tenha dados suficientes para ajustar um modelo com o objetivo de obter novas equações.

O objetivo, então, é oferecer uma opção de cálculo para o profissional que não conhece nenhuma equação que possa ser utilizada no local, mas precisa ter uma ideia de volume, empregando uma equação já testada em local com as mesmas características.

Conforme explicado na seção 3.2 – Valores, Equações e Modelos Padrões, o JCarbon possui um banco de dados contendo equações específicas para cada característica de local. As telas das Figura 35 e 36 são montadas conforme a escolha do tipo de floresta informado no cadastramento do local. Dependendo do tipo, os campos correspondentes apresentados podem ser:

Para floresta nativa – Bioma, Formação e Estágio do Plantio (inicial, médio e avançado).

Para floresta plantada – Bioma, Formação, Gênero, Índice de Sítio (ruim-20, bom-22, ótimo-24), Espaçamento (2 x 2,5m ; 2 x 3m) e idade.


[Home](#)
[Locais](#)
[Cadastros](#)
[Sobre](#)

Novo Local - Volume

Desejo utilizar uma equação padrão do sistema para estimar o Volume

Local:

Área Total(ha):

Passo 1 - Busca da Equação Padrão para o Local

Bioma

Formação

Estágio

Equação de Volume Padrão para este local:

Passo 2 - Cálculo do Volume usando esta Equação

Selecionar Arquivo com dados das Árvores e Clicar em Salvar Arquivo

Nenhum arquivo selecionado

Arquivo selecionado para o Cálculo

Volume Calculado do Local(m3)

FIGURA 35 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 4 – FLORESTA NATIVA
 FONTE: O AUTOR (2015)

FIGURA 36 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 4 – FLORESTA PLANTADA
 FONTE: O AUTOR (2015)

Após informar as características do local e pressionar o botão “Buscar Equação Padrão”, o sistema busca no banco de dados, a equação padrão cadastrada para as características selecionadas. Após a apresentação da equação padrão, o usuário deve pressionar o botão “Escolher arquivo” para escolher uma planilha do Microsoft Excel® contendo os dados das árvores. Caso não conheça o formato desta planilha e queira utilizar um modelo, ao pressionar o link “Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores”, uma planilha com o cabeçalho e um exemplo de valores será apresentada para que sejam digitados os valores verdadeiros das parcelas. A planilha de exemplo é mostrada na Figura 37.

	A	B	C	D	E
1	Parcela	Area da Parcela(ha)	Arvore	dap	h
2	1	0,05	1	10,1	10,1
3					
4					
5					
6					

FIGURA 37 – EXEMPLO DE ARQUIVO DE ÁRVORES
 FONTE: O AUTOR (2015)

Com isso, o usuário poderá montar a planilha de entrada com seus dados.

Após escolher o arquivo de entrada e clicar no botão “Salvar Arquivo”, o nome do arquivo escolhido será apresentado na tela.

Finalmente, o usuário pressiona o botão “Calcular o Volume Usando a Equação” e a tela da Figura 38 será apresentada com o resultado.

Nesta opção, o JCarbon leu todos os dados das árvores do arquivo de entrada, substituiu cada uma das dimensões da árvore nas variáveis correspondentes da equação padrão, calculou o volume de cada uma das árvores, somou este volume para compor o volume de cada parcela e estimou o volume de todo o local como na opção três.

Novo Local - Volume

Desejo utilizar uma equação padrão do sistema para estimar o Volume

Local: Fazenda São Carlos

Área Total(ha): 10.0

Passo 1 - Busca da Equação Padrão para o Local

Bioma: Mata Atlântica

Formação: Floresta Ombrófila Densa

Gênero: Pinus

Sítio: Ruim (20)

Espaçamento: 2 x 2,5

Idade (anos): 5

Buscar Equação Padrão

Equação de Volume Padrão para este local: $0,013019+0,00000294*dap^2*h$

Passo 2 - Cálculo do Volume usando esta Equação

Selecionar Arquivo com dados das Árvores e Clicar em Salvar Arquivo

Escolher arquivo: Nenhum arquivo selecionado [Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores](#)

Salvar Arquivo

Arquivo selecionado para o Cálculo: 2014_Arvore.xlsx

Cálculo Realizado com sucesso!

Calcular o Volume Usando a Equação

Volume Calculado do Local(m³): 268,72 [Ver detalhes do Cálculo usando Equação](#)

FIGURA 38 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 4 – RESULTADO
 FONTE: O AUTOR (2015)

Nesta tela, além de ser apresentado o volume calculado do local, o JCarbon também apresenta o *link* “Ver detalhes do Cálculo usando Equação” onde são apresentadas as estatísticas calculadas. Neste caso, a seguinte tela será apresentada (Figura 39).

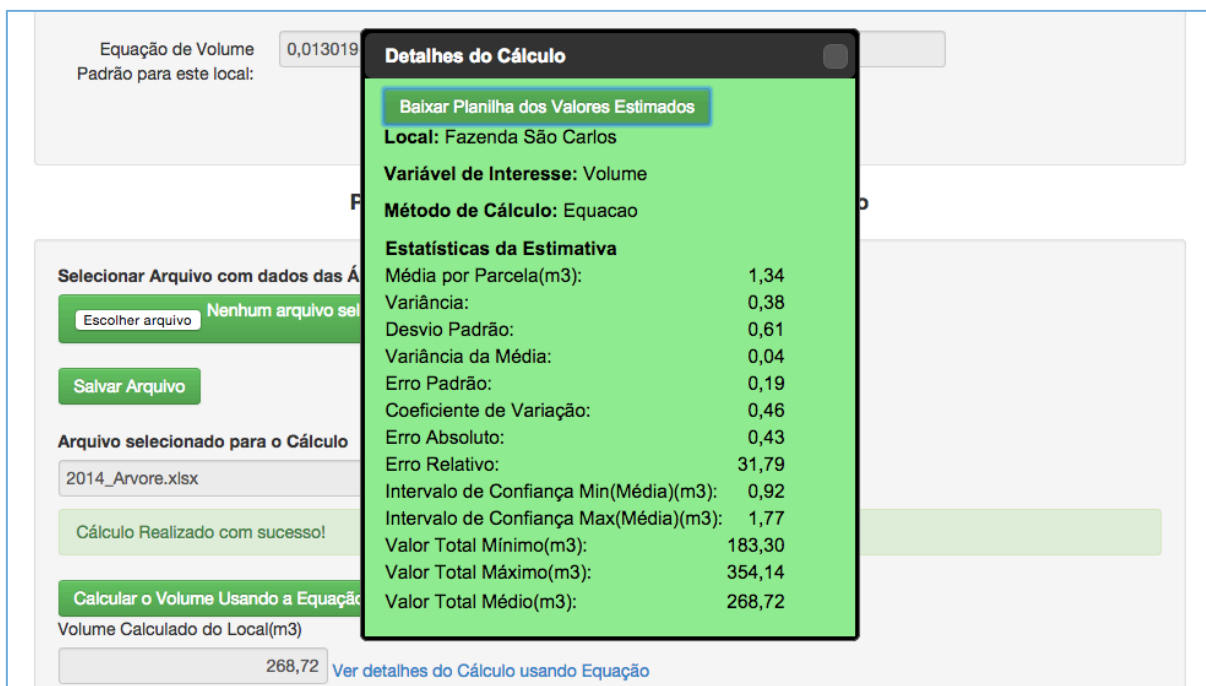


FIGURA 39 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 4 – DETALHES
FONTE: O AUTOR (2015)

O usuário tem a opção de verificar os detalhes, porém, nesta janela, existe a opção de se clicar no botão “Baixar Planilha dos Valores Estimados”. Esta planilha irá apresentar os valores estimados pela equação de cada uma das árvores de todas as parcelas, como mostra a Figura 40.

	A	B	C	D	E
1	DETALHES DA ESTIMATIVA				
2					
3	Local:	Fazenda São Carlos			
4	Equacao:	0.013019+0.00000294*dap^2*h			
5	Variável de Interesse:	Volume			
6					
7	Estatísticas da Estimativa				
8	Média por Parcela (m3):	1,34			
9	Variância:	0,38			
10	Desvio Padrão:	0,61			
11	Variância da Média:	0,04			
12	Erro Padrão:	0,19			
13	Coefficiente de Variação:	0,46			
14	Erro Absoluto:	0,43			
15	Erro Relativo:	31,79			
16	Intervalo de Confiança Mínimo(Média)(m3):	0,92			
17	Intervalo de Confiança Máximo(Média)(m3):	1,77			
18	Valor Total Mínimo(Média)(m3):	183,30			
19	Valor Total Máximo(m3):	354,14			
20	Valor Total Médio(m3):	268,72			
21					
22	Parcela	Árvore	dap	h	Volume Estimado(m3)
23	1	1	25,00	22,70	0,0547
24		2	23,40	22,60	0,0494
25		3	20,60	10,00	0,0255
26		4	5,60	4,50	0,0134
27		5	7,40	6,50	0,0141
28		6	5,80	4,60	0,0135
29		7	9,00	8,00	0,0149

FIGURA 40 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 4 – PLANILHA
FONTE: O AUTOR (2015)

Assim como na opção 3, após verificar os detalhes dos cálculos, fechar a janela, o usuário tem disponível o botão “Deseja Calcular a Biomassa do Local?”. A explicação de todas as opções de cálculo da biomassa será apresentada na seção correspondente 4.1.3 – Cálculo da Biomassa do Local.

Pode-se verificar, portanto, a importância desta opção, pois mesmo não se conhecendo equações, o *software* fornece uma alternativa para se estimar o volume do local por meio da utilização de suas características.

5 - Desejo selecionar uma equação cadastrada no sistema para estimar o Volume

Esta opção mostra ao usuário todas as equações cadastradas no JCarbon, possibilitando a escolha de uma delas. Estas equações foram cadastradas usando menu ou cadastro de um novo local. Assim, o usuário tem a opção de aplicar equações já testadas e utilizadas em qualquer local cadastrado no sistema. Nesta lista de equações que serão apresentadas para a escolha, também estão as equações padrões citadas na opção quatro.

Ao escolher a opção cinco, a seguinte tela será apresentada, como mostra a Figura 41.

A interface web do JCarbon apresenta o formulário "Novo Local - Volume". No topo, há uma barra de navegação com links para Home, Locais, Cadastros e Sobre, além de campos para Email, Senha e Entrar. O formulário principal contém os seguintes elementos:

- Título:** Novo Local - Volume
- Objetivo:** Desejo selecionar uma equação cadastrada no sistema para estimar o Volume
- Local:** Campo de texto com o valor "Fazenda São Carlos".
- Área Total(ha):** Campo de texto com o valor "10.0".
- Escolha uma Equação:** Menu suspenso com a opção "Selecione uma Equação".
- Selecionar Arquivo com dados das Árvores:** Seção com o botão "Escolher arquivo" (desativado) e o texto "Nenhum arquivo selecionado".
- Salvar Arquivo:** Botão verde para salvar o arquivo.
- Arquivo com dados Selecionado para o Cálculo:** Campo de texto para o nome do arquivo selecionado.
- Calcular o Volume Usando a Equação:** Botão verde para iniciar o cálculo.
- Volume Calculado do Local(m3):** Campo de texto para o resultado do cálculo.

FIGURA 41 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 5
FONTE: O AUTOR (2015)

Note que esta tela é semelhante à apresentada na opção 4, com a diferença de que, em vez de apresentar a equação padrão cadastrada no sistema para o local com estas características, apresenta um comboBox, onde é exibida a lista com todas as equações cadastradas no JCarbon.

Após a escolha da equação e seleção do arquivo de entrada, o usuário deverá seguir os passos para o cálculo do volume do local. Os procedimentos serão explicados na opção quatro.

Podemos abstrair que, com o tempo de utilização do sistema, será grande a quantidade de equações cadastradas, aumentando, assim, as possibilidades de uso em novos locais. Também é possível beneficiar-se do *software* como um grande repositório de equações que os pesquisadores estudaram e cadastraram no sistema para utilização pela comunidade da área florestal. É possível, de forma rápida e prática, fazer simulações com diversas equações e verificar a que melhor se enquadra no local que está sendo analisado, aumentando as possibilidades de estudo e análise dos resultados obtidos.

6 - Desejo cadastrar uma nova equação para estimar o Volume

Nesta opção, o usuário poderá incluir uma nova equação que irá compor o banco de equações do JCarbon. Essa equação será utilizada para as estimativas do local que está sendo cadastrado e também poderá ser selecionada para estimativas de novos locais, conforme explicado na opção cinco. Além desta opção, o usuário poderá cadastrar novas equações utilizando o menu de “Cadastros”.

Ao escolher a opção seis, a seguinte tela será apresentada, como mostra a Figura 42.

BIOFIX JCarbon Home Locais Cadastros Sobre Email Senha Entrar

Novo Local - Volume

Desejo cadastrar uma nova equação para estimar o Volume

Local:
Fazenda São Carlos

Área Total(ha):
10.0

Passo 1 - Cadastro de uma Nova Equação

Equação de Volume

Constante:
Inserir na equação

Variável:
Selecione uma variável

Operadores

+ - * / ^ sqrt ln log exp ()

Limpa Último Limpa Tudo

Passo 2 - Cálculo do Volume usando esta Equação

Selecionar Arquivo com dados das Árvores

Escolher arquivo Nenhum arquivo selecionado

Salvar Arquivo

Arquivo com dados Selecionado para o Cálculo

Calcular o Volume Usando a Equação

Volume Calculado do Local(m3)

FIGURA 42 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 6
FONTE: O AUTOR (2015)

Como nas demais opções, o primeiro campo indica o nome do local. No segundo campo, “Equação de Volume”, será apresentada a equação à medida que for sendo montada. O usuário tem a opção de empregar constantes numéricas (primeiro campo) digitando um determinado valor e clicando no botão “Inserir na equação”, selecionar variáveis que foram previamente cadastradas no menu “Cadastros” ou utilizar os operadores matemáticos. Também estão disponíveis os botões “Limpa Último” e “Limpa Tudo” para a correção de entradas indevidas.

Com isso, a nova equação está montada. Na segunda parte da tela (Passo 2), a escolha de um arquivo de entrada e cálculo de volume, segue a sistemática descrita nas opções 4 e 5.


Por meio desta opção, contemplam-se os tipos de utilização de equações no sistema. Além de se adotar equações padrões e equações previamente

cadastradas, com esta opção a criação de um banco de equações na área florestal é atingido.

7 - Desejo utilizar um modelo padrão do sistema para ajustar uma equação e estimar Volume

Os modelos matemáticos são importantes para a área florestal, pois fornecem meios de se ajustar novas equações para os locais onde foram realizadas coletas de dados para o ajuste. Da mesma forma que equações padrões estão disponíveis por características de locais, o sistema também oferece a opção de se utilizar modelos padrões.

Conforme explicado na seção 3.2 – Valores, Equações e Modelos Padrões, o JCarbon possui um banco de dados contendo modelos matemáticos padrões para cada característica de local. As telas das Figura 43 e 44 são montadas conforme a escolha do tipo de floresta informado no cadastramento do local. Dependendo do tipo, os campos correspondentes são solicitados.


[Home](#)
[Locais](#)
[Cadastros](#)
[Sobre](#)

Novo Local - Volume

Desejo utilizar um modelo padrão do sistema, ajustar uma equação e estimar Volume

Local:
Fazenda São Carlos

Área Total(ha):
10.0

Passo 1 - Busca do Modelo Padrão para o Local

Bioma

Formação

Estágio

Modelo de Volume
 Padrão para este local:

Passo 2 - Ajuste da Equação

Selecionar Arquivo com Árvores para Ajustar o Modelo

Nenhum arquivo selecionado

Arquivo com dados Selecionado para o Ajuste do Modelo

Equação Ajustada

Passo 3 - Cálculo do Volume do Local

Selecionar Arquivo com Árvores para o Cálculo


Nenhum arquivo selecionado

[Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores](#)

Arquivo com dados das Árvores selecionado para o Cálculo do Volume

Volume Calculado do Local(m3)

FIGURA 43 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 7 – FLORESTA NATIVA
 FONTE: O AUTOR (2015)


[Home](#)
[Locais](#)
[Cadastros](#)
[Sobre](#)

Novo Local - Volume

Desejo utilizar um modelo padrão do sistema, ajustar uma equação e estimar Volume

Local:

Área Total(ha):

Passo 1 - Busca do Modelo Padrão para o Local

Bioma

Formação

Gênero

Sítio

Espaçamento

Idade (anos)

Modelo de Volume Padrão para este local:

Passo 2 - Ajuste da Equação

Selecionar Arquivo com Árvores para Ajustar o Modelo

Nenhum arquivo selecionado

Arquivo com dados Selecionado para o Ajuste do Modelo

Equação Ajustada

Passo 3 - Cálculo do Volume do Local

Selecionar Arquivo com Árvores para o Cálculo

Nenhum arquivo selecionado

[Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores](#)

Arquivo com dados das Árvores selecionado para o Cálculo do Volume

Volume Calculado do Local(m3)

FIGURA 44 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 7 – FLORESTA PLANTADA
 FONTE: O AUTOR (2015)

De posse de um modelo matemático, o usuário seleciona um arquivo contendo uma amostra de árvores do local para ajustar este modelo e conseguir

uma equação para o local que será utilizada, a fim de realizar as estimativas de volume de todo o local.

No quadro do Passo 1 – Ajuste da Equação, primeiramente o usuário deve selecionar uma planilha do Microsoft Excel® contendo uma amostra de árvores que, além de suas dimensões, deve conter o Volume Observado de cada árvore. Assim, como em todas as opções anteriores, o JCarbon oferece um link para que o usuário obtenha uma planilha de modelo do arquivo de entrada. A Figura 45 mostra uma planilha de exemplo para este passo.

	A	B	C	D
1	Árvore	Volume Observado	dap	h
2	1	10,1	10,1	10,1
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

FIGURA 45 – EXEMPLO DE ARQUIVO DE ÁRVORES PARA O AJUSTE
FONTE: O AUTOR (2015)

Com isso, o usuário poderá montar a planilha de entrada com seus dados.

Após escolher o arquivo de entrada e clicar no botão “Salvar Arquivo”, o nome do arquivo escolhido é apresentado na tela.

Nesta opção, o JCarbon faz o ajuste do modelo conforme metodologia explicada na seção 3.1.7. O objetivo de tal ajuste é calcular os coeficientes do modelo para montar uma equação para o local. Assim, quando o botão “Ajustar” for pressionado, a tela da Figura 46 será apresentada com a equação ajustada.

Buscar Modelo Padrão

Modelo de Volume Padrão para este local: Autor: Schumacher

Passo 2 - Ajuste da Equação

Selecionar Arquivo com Árvores para Ajustar o Modelo

Escolher arquivo Nenhum arquivo selecionado

Salvar Arquivo

Arquivo com dados Selecionado para o Ajuste do Modelo

2018_VolumeArvoreAjuste.xlsx

Ajuste Realizado com Estatísticas EXCELENTES!

Ajustar

Equação Ajustada

EXP(-10,2086 + 1,8812*ln(dap) + 1,1194*ln(h)) [Ver Estatísticas do Ajuste](#)

FIGURA 46 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 7 – RESULTADO DO AJUSTE
 FONTE: O AUTOR (2015)

Conforme Figura 46, neste exemplo, a equação ajustada para o modelo foi:

$$V = -0,0349 - 0,0172 * h + 0,0017 * dap * h \quad \text{Equação 10}$$

Como o sistema calculou as estatísticas do ajuste, além da equação, apresenta também uma mensagem a respeito da qualidade deste ajuste. Estas mensagens são indicativos da qualidade do ajuste:

- "Ajuste Realizado com Estatísticas EXCELENTES!", quando o valor do R^2 for maior ou igual a 0,8.
- "Ajuste Realizado com Estatísticas SATISFATÓRIAS!", quando o valor do R^2 for maior ou igual a 0,6 e menor que 0,8.
- "Ajuste Realizado, mas as Estatísticas foram MUITO RUINS!", quando o valor de R^2 for menor que 0,6.

O resultado da Figura 46 também apresenta o link “Ver Estatísticas do Ajuste”. Se pressionado, apresenta a tela da Figura 47.

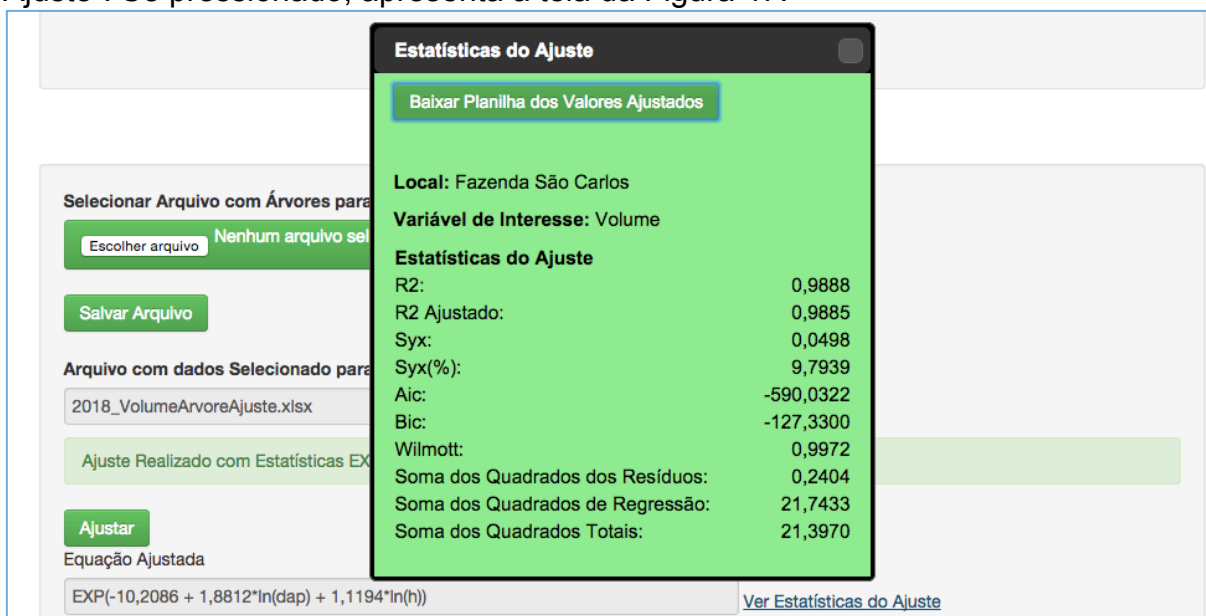


FIGURA 47 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 7 – DETALHES
FONTE: O AUTOR (2015)

Além das estatísticas do ajuste (explicadas na seção 3.1.7), esta tela disponibiliza o botão “Baixar Planilha dos Valores Ajustados” com os detalhes do ajuste de todas as árvores da amostra. Quando pressionado, a planilha da Figura 48 é apresentada e fica disponível ao usuário.

	A	B	C	D	E
1	DETALHES DO AJUSTE				
2					
3	Local:	Fazenda São Carlos			
4	Variável de Interesse:	Volume			
5	Modelo:	$LN(V) = b_0 + b_1 \cdot \ln(dap) + b_2 \cdot \ln(h)$			
6	Equacao:	$exp(-10.208618458866464 + 1.8812315848131804 \cdot \ln(dap) + 1.119406821324986 \cdot \ln(h))$			
7					
8	Estatísticas do Ajuste				
9	R2:	0,9888			
10	R2 Ajustado:	0,9885			
11	Syx:	0,0498			
12	Syx%:	9,79			
13	AIC:	-590,0322			
14	BIC:	-127,3300			
15	Willmott:	0,9972			
16	Soma dos Quadrados dos Resíduos:	0,24			
17	Soma dos Quadrados de Regressão:	21,74			
18	Soma dos Quadrados Totais:	21,40			
19					
20	Arvore	dap	h	Volume Observado (m3)	Volume Estimado(m3)
21	1	8,90	6,90	0,0217	0,0196
22	2	8,00	7,90	0,0194	0,0187
23	3	27,80	16,90	0,4571	0,4560
24	4	25,40	14,80	0,3364	0,3316
25	5	11,90	8,60	0,0513	0,0434

FIGURA 48 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 7 – PLANILHA
FONTE: O AUTOR (2015)

A Figura 48 apresenta a equação com os coeficientes contendo todas as casas decimais. Aqui são apresentadas somente cinco árvores da amostra, porém na planilha disponível ao usuário, aparecem todas as árvores.

De posse da equação ajustada, a sequência do processo de estimativa do Volume do local segue as opções 4, 5 e 6 onde se utiliza esta equação para estimar o volume das árvores das parcelas e, finalmente, do local.

Pode-se verificar a importância desta opção. Mesmo não se conhecendo equações nem modelos matemáticos, o *software* fornece uma alternativa para se estimar o volume do local por meio da utilização de suas características. O modelo padrão oferecido como alternativa de cálculo foi cadastrado por ser o que oferece melhores resultados para as características do local.

8 - Desejo selecionar um modelo cadastrado no sistema para ajustar uma equação e estimar o Volume

Nesta opção, o usuário poderá escolher dentre todos os modelos matemáticos cadastrados no JCarbon. Estes modelos foram cadastrados pelo menu “Cadastros” ou no momento do cadastro de um novo local. Assim, o usuário tem a opção de operar com modelos já testados e utilizados em qualquer local cadastrado no sistema. Nesta lista de modelos que serão apresentados para a escolha, também estão os modelos padrões citados na opção anterior.

Nesta opção, o JCarbon apresenta todos os modelos matemáticos cadastrados no sistema, conforme Figura 49.

Novo Local - Volume

Desejo selecionar um modelo cadastrado no sistema para ajustar uma equação e estimar o Volume

Local:
Fazenda São Carlos

Área Total(ha):
10.0

Escolha um Modelo de Volume
Selecione um Modelo

Passo 1 - Ajuste da Equação

Selecionar Arquivo com Árvores para Ajustar o Modelo

Escolher arquivo Nenhum arquivo selecionado

Salvar Arquivo

Arquivo com dados Selecionado para o Ajuste do Modelo

Ajustar

Equação Ajustada

Passo 2 - Cálculo do Volume do Local usando esta Equação

Selecionar Arquivo com Árvores para o Cálculo

Escolher arquivo Nenhum arquivo selecionado [Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores](#)

Salvar Arquivo

Arquivo com dados das Árvores selecionado para o Cálculo do Volume

Calcular o Volume Usando a Equação

Volume Calculado do Local(m3)

FIGURA 49 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 8
FONTE: O AUTOR (2015)

Após selecionar o modelo desejado, o processo ocorre de forma semelhante à opção sete. Um arquivo contendo uma amostra de árvores deve ser selecionado para o ajuste do modelo, uma equação é montada e o volume do local, estimado com esta equação.


A seleção de um modelo oferece ao usuário, diversas alternativas para o estudo de um local. Pode-se realizar simulações com vários modelos e analisar aquele que melhor resultado ofereceu. Estas simulações seriam extremamente trabalhosas se feitas utilizando os métodos comuns, como a utilização de planilhas do Microsoft Excel© que, apesar de terem inúmeros fins, neste caso específico, acabam por onerar o tempo das simulações e aumentar o risco de se incorrer em erros relacionados à digitação e manipulação de fórmulas. Além disso, com a

utilização do *software*, todos os resultados ficam armazenados de forma a facilitar a consulta futura e, por estar disponível na *web*, de fácil acesso a demais usuários.

9 - Desejo cadastrar um novo modelo para ajustar uma equação e estimar o Volume

Finalizando as opções de se trabalhar utilizando equações e modelos matemáticos (opções quatro a nove), nesta opção, o usuário poderá incluir um novo modelo matemático que não encontrou no cadastro do sistema. Este novo modelo irá compor o banco de modelos do JCarbon. Este modelo também poderá ser selecionado para estimativas de novos locais, conforme explicado na opção oito. Além desta opção, o usuário poderá cadastrar novos modelos por meio do menu de “Cadastros”.

Nesta opção, o JCarbon permite que um novo modelo matemático seja cadastrado no sistema para ser utilizado por este ou qualquer outro local. Ao ser escolhida a opção nove, a tela da Figura 50 é apresentada.


[Home](#)
[Locais](#)
[Cadastros](#)
[Sobre](#)

Novo Local - Volume

Desejo cadastrar um novo modelo para ajustar uma equação e estimar o Volume

Local:
Fazenda São Carlos

Área Total(ha):
10.0

Passo 1 - Cadastro de um Novo Modelo

Escolha um autor de modelo

Selecione um autor

Modelo (no formato: $b0+b1*(expressao)+b2*(expressao)+...+bn(expressao)$)

V =

Coefficiente:

Selecione um coeficiente

Constante:

Insereir no Modelo

Variável:

Selecione uma variável

Operadores

+

-

*

/

^

sqrt()

ln()

log()

exp()

()

Limpa Último

Limpa Tudo

Passo 2 - Ajuste da Equação

Selecionar Arquivo com Árvores para Ajustar o Modelo

Nenhum arquivo selecionado
[Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores](#)

Arquivo com dados Selecionado para o Ajuste do Modelo

Equação Ajustada

Passo 3 - Cálculo do Volume do Local usando esta Equação

Selecionar Arquivo com Árvores para o Cálculo

Nenhum arquivo selecionado
[Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores](#)

Arquivo com dados das Árvores selecionado para o Cálculo do Volume

Volume Calculado do Local(m3)

FIGURA 50 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 9
FONTE: O AUTOR (2015)

Na primeira parte da tela (Passo 1), o usuário tem a opção de montar um novo modelo escolhendo seus coeficientes, variáveis, constantes numéricas e operadores matemáticos.

No primeiro campo, pode ser selecionado um coeficiente que pode variar de b_0 a b_{10} . A partir da escolha das variáveis, constantes e operadores matemáticos, o processo funciona da mesma forma que o cadastro de uma nova equação.

Na segunda parte da tela (Passo 2), com o modelo cadastrado, o processo segue o mesmo funcionamento da opção 8 onde é feito o ajuste do modelo, montada uma equação e aplicada para a estimativa do volume do local.

A opção de se cadastrar novos modelos é importante, pois abrem um *rol* de opções futuras para a utilização do sistema. Além da utilização do novo modelo cadastrado, uma nova equação ajustada por este modelo servirá de opção para novas simulações que outros usuários poderão fazer, ou seja, além de ficar disponível um novo modelo matemático, uma nova equação também estará disponível.

10 - Tenho dados das árvores e desejo utilizar somente *Data Mining* para estimar o Volume do local

Os resultados obtidos por meio da técnica *Data Mining* trouxeram para área florestal uma alternativa aos cálculos com métodos tradicionais como os modelos de regressão. Conforme explicado na seção 3.3 – Utilização de *Data Mining* para estimar Volume, Biomassa e Carbono, esta opção do *software* realiza os cálculos utilizando esta técnica com as diversas opções disponíveis como tipo de distância, quantidade de vizinhos e tipo de ponderação da distância. Com isso, é possível não só simular estimativas com diversas combinações destes parâmetros como também comparar com os cálculos obtidos com equações e modelos.

Ao escolher a opção 10, a Figura 51 apresenta estes parâmetros para serem selecionados.

Novo Local - Volume

Tenho dados das árvores e desejo utilizar somente Data Mining para estimar o local

Local:
Fazenda São Carlos

Área Total(ha):
10.0

Passo 1 - Ajuste utilizando Data Mining

Tipo de Distância
Distância Euclidiana

Quantidade de Vizinhos
1

Tipo de Ponderação
Sem ponderação

Selecionar Arquivo com Árvores para o ajuste com Data Mining

Escolher arquivo Nenhum arquivo selecionado Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores

Salvar Arquivo

Arquivo com dados Selecionado para o Ajuste com Data Mining

Calcular Estatísticas do Ajuste com DM

Passo 2 - Cálculo do Volume do Local utilizando Data Mining

Selecionar Arquivo com Árvores para o Cálculo

Escolher arquivo Nenhum arquivo selecionado Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores

Salvar Arquivo

Arquivo com dados das Árvores selecionado para o Cálculo do Volume

Calcular o Volume Usando Data Mining

Volume Calculado(m3)

FIGURA 51 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 10
FONTE: O AUTOR (2015)

Na primeira parte da tela (Passo 1), são informados os parâmetros necessários para o método realizar o ajuste.

Tipo de Distância: São apresentados 4 tipos de distâncias, Distância Euclidiana; Distância Quadrática; Distância de Manhattan e Distância de Chebychev. As respectivas fórmulas de cálculo estão descritas na seção 3.3 – Utilização de *Data Mining* para estimar Volume, Biomassa e Carbono.

Quantidade de Vizinhos: Estão implementados cálculos com 1, 3 e 5 vizinhos.

Tipo de Ponderação: Estão implementados os seguintes tipos: Sem ponderação (para o caso de um vizinho); inverso da distância ($1/d$) e inverso da distância ao quadrado ($1/d^2$).

Após esta escolha, o usuário seleciona um arquivo contendo uma amostra de árvores para o ajuste. Como em todas as opções anteriores, é possível baixar uma planilha de exemplo para ser utilizada na montagem deste arquivo. Assim, ao clicar no *link* “”, a tela da Figura 52 será apresentada.

	A	B	C	D	E
1	Árvore	Volume Observado	variavel-1	variavel-2	variavel-n
2	1	10,1	10,1	10,1	10,1
3					
4					
5					
6					
7					
8					

FIGURA 52 – EXEMPLO DE ARQUIVO DE ÁRVORES PARA O AJUSTE COM DATA MINING
 FONTE: O AUTOR (2015)

Note que, diferente da planilha de exemplo para o ajuste de um modelo matemático onde as variáveis apresentadas são aquelas que constam no modelo, como no caso do ajuste com *Data Mining*, não existe tal modelo e o ajuste é feito com quaisquer variáveis, por isso o exemplo é dado com as colunas “variável-1”, “variável-2”, “variável-n”, indicando a possibilidade de haver inúmeras variáveis, se assim for desejado.

Após selecionada a planilha neste formato, pressionado o botão “Salvar Arquivo” e, em seguida, o botão “Calcular Estatísticas do Ajuste com DM”, o ajuste é realizado e a seguinte tela da Figura 53 é apresentada.

Novo Local - Volume

Tenho dados das árvores e desejo utilizar somente Data Mining para estimar o local

Local:
Fazenda São Carlos

Área Total(ha):
10.0

Passo 1 - Ajuste utilizando Data Mining

Tipo de Distância
Distância Euclidiana

Quantidade de Vizinhos
3

Tipo de Ponderação
1 / d2

Selecionar Arquivo com Árvores para o ajuste com Data Mining

[Escolher arquivo](#) Nenhum arquivo selecionado [Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores](#)

[Salvar Arquivo](#)

Arquivo com dados Selecionado para o Ajuste com Data Mining
2021_VolumeArvoreAjuste.xlsx

Ajuste com Data Mining Realizado com Estatísticas EXCELENTES!

[Calcular Estatísticas do Ajuste com DM](#) [Ver Estatísticas do Ajuste](#)

Passo 2 - Cálculo do Volume do Local utilizando Data Mining

Selecionar Arquivo com Árvores para o Cálculo

[Escolher arquivo](#) Nenhum arquivo selecionado [Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores](#)

[Salvar Arquivo](#)

Arquivo com dados das Árvores selecionado para o Cálculo do Volume

[Calcular o Volume Usando Data Mining](#)

Volume Calculado(m3)

FIGURA 53 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 10 – RESULTADO DO AJUSTE
FONTE: O AUTOR (2015)

Como este método não envolve um modelo, não existe equação gerada, somente a mensagem referente à qualidade do ajuste. Assim, como no ajuste do modelo, é possível visualizar as estatísticas deste ajuste no *link* “Ver Estatísticas do Ajuste”. Neste exemplo, a tela da Figura 54 é apresentada.

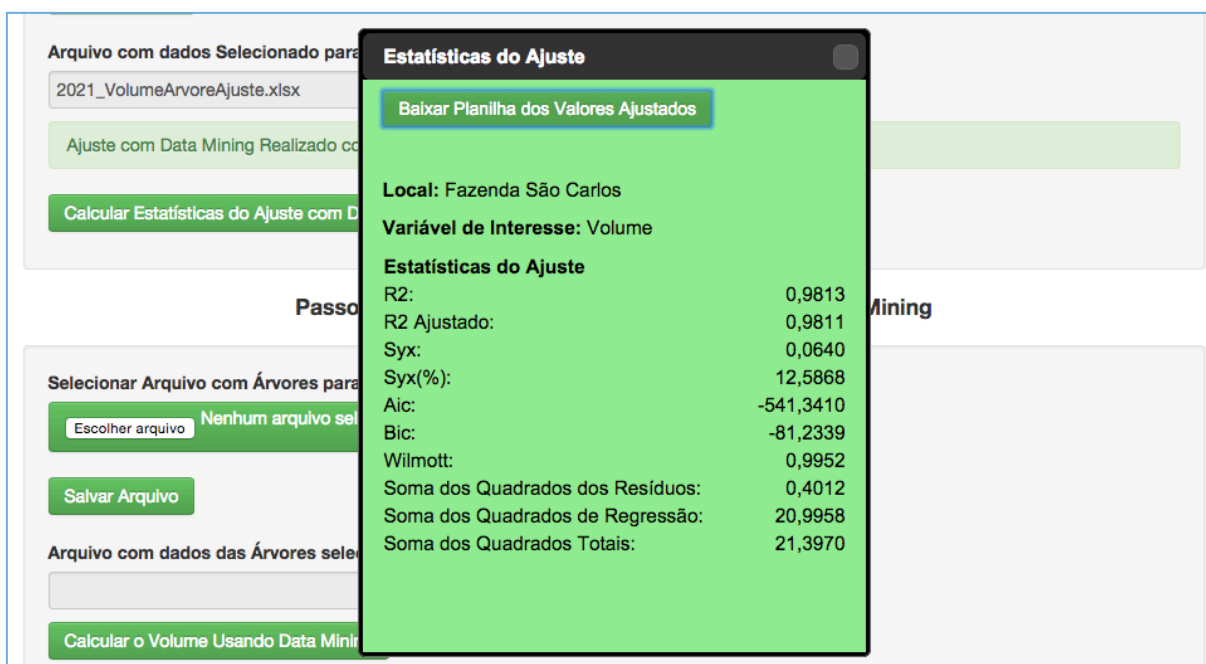


FIGURA 54 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 10 – DETALHES DO AJUSTE
 FONTE: O AUTOR (2015)

Nesta tela também é possível baixar uma planilha contendo estes detalhes e o cálculo por árvores, como mostra a Figura 55.

	A	B	C	D	E
1	DETALHES DO AJUSTE				
2					
3	Local:	Fazenda São Carlos			
4	Variável de Interesse:	Volume			
5	Ajuste com Data Mining				
6	Tipo de Distância:	Distância Euclidiana			
7	Quantidade de Vizinhos:	3			
8	Tipo de Ponderação:	1 / d2			
9					
10	Estatísticas do Ajuste				
11	R2:	0,9813			
12	R2 Ajustado:	0,9811			
13	Syx:	0,0640			
14	Syx%:	12,59			
15	AIC:	-541,3410			
16	BIC:	-81,2339			
17	Willmott:	0,9952			
18	Soma dos Quadrados dos Resíduos:	0,40			
19	Soma dos Quadrados de Regressão:	21,00			
20	Soma dos Quadrados Totais:	21,40			
21					
22	Arvore	dap	h	Volume Observado (m3)	Volume Estimado(m3)
23	1	8,90	6,90	0,0217	0,0187
24	2	8,00	7,90	0,0194	0,0215
25	3	27,80	16,90	0,4571	0,4372

FIGURA 55 – CÁLCULO DO VOLUME – OPÇÃO 10 – DETALHES DO AJUSTE – PLANILHA
 FONTE: O AUTOR (2015)

O próximo passo (Passo 2), segue a mesma sequência de estimativas das outras opções, um arquivo com os dados das árvores é selecionado e, utilizando a técnica de *Data Mining*, se utiliza da base cadastrada para o ajuste para fazer as estimativas, conforme explicado na seção 3.3.

O cálculo utilizando *Data Mining* é uma importante contribuição para a área florestal, pois objetiva oferecer uma técnica diferente da empregada usualmente, trazendo mais uma fonte de comparação de resultados. Os resultados obtidos podem ser calculados sem a limitação de se trabalhar somente com as variáveis envolvidas na equação ou modelo, abrindo, assim, a possibilidade de se testar estimativas com diversas variáveis que não poderiam ser utilizadas por não participar de nenhum modelo.

Na área florestal, este método foi utilizado em diversos experimentos a fim de se comparar seus resultados com os obtidos com os modelos matemáticos tradicionais. Em Sanquetta, Wojciechowski e Corte (2013), a técnica foi utilizada para se estimar volume e carbono em árvores da espécie *Araucaria angustifolia*. Na comparação com os modelos tradicionais, as estatísticas deste método ficaram bem próximas às dos modelos estudados, obtendo o mesmo valor do Coeficiente de Determinação Múltipla que os modelos que obtiveram melhores resultados.

Para estimativa de volume, Wojciechowski *et al.* (2014) utilizaram a técnica para estimativas de volume também comparando com os modelos volumétricos tradicionais.

Em Mognon *et al.* (2014), foram ajustadas equações para estimar biomassa total de plantas de bambu do gênero *Guadua*. Neste trabalho, também foram comparados os ajustes realizados com a técnica de regressão linear e *data mining*.

4.1.3 Cálculo da Biomassa do Local

O próximo resultado do *software* é o cálculo da biomassa total do local. Tal cálculo pode ser feito com as mesmas alternativas de cálculo de volume (usando equações, modelos ou *Data Mining*) e também por meio de equações de conversão a partir do volume já calculado.

No momento do cadastramento do local, caso o usuário tenha escolhido a opção de se calcular a biomassa, a tela da Figura 56 será apresentada.

Novo Local - Cálculo da Biomassa

Local:

O que você deseja fazer?

- ☐ 0 - Desejo calcular a Biomassa utilizando Funções de Conversão a partir do Volume
- ☐ 3 - Tenho a Biomassa de Parcelas e desejo estimar o local
- ☐ 4 - Desejo utilizar uma equação padrão do sistema para estimar a Biomassa
- ☐ 5 - Desejo selecionar uma equação cadastrada no sistema para estimar a Biomassa
- ☐ 6 - Desejo cadastrar uma nova equação para estimar a Biomassa
- ☐ 7 - Desejo utilizar um modelo padrão do sistema para ajustar uma equação estimar a Biomassa
- ☐ 8 - Desejo selecionar um modelo cadastrado no sistema para ajustar uma equação e estimar a Biomassa
- ☐ 9 - Desejo cadastrar um novo modelo para ajustar uma equação e estimar a Biomassa
- ☐ 10 - Tenho dados das árvores e desejo utilizar somente Data Mining para estimar a Biomassa do local
- ☐ 11 - Desejo somente ajustar uma equação de Biomassa com árvores cubadas

FIGURA 56 – CÁLCULO DA BIOMASSA
FONTE: O AUTOR (2015)

Note que, as opções 3 a 11 são as mesmas do cálculo do volume, ou seja, o JCarbon oferece todas as opções descritas na seção 4.1.2 para o cálculo da biomassa do local.

Além das opções apresentadas para o cálculo do volume, nas opções de cálculo da biomassa ainda existe a opção de se utilizar uma equação de conversão.

0 - Desejo calcular a Biomassa utilizando Equações de Conversão a partir do Volume

A primeira opção de cálculo da biomassa é realizar o cálculo a partir do volume, conforme mostra a Figura 57:

The screenshot shows a web application interface for calculating biomass. The title is 'Novo Local - Biomassa' with a subtitle 'Desejo calcular a Biomassa utilizando Equações de Conversão a partir do Volume'. The interface includes a navigation bar with 'Home', 'Locais', 'Cadastros', and 'Sobre'. There are input fields for 'Local' (Fazenda São Carlos) and 'Área Total(ha)' (10.0). A central box contains the conversion equation 'Volume * Densidade * FEB * (1 + R)' and several input fields: 'Volume do Local(m3)' (2.587,54), 'Densidade Média da Madeira' (0,7), 'FEB (Fator de Expansão da Biomassa)' (1,5), and 'R (Razão das Raízes)' (0,3). A note states 'Os valores de D, FEB e R são somente sugestões do software'. A green 'Calcular Biomassa' button is present, followed by a field for 'Biomassa Calculada do Local(t)'.

FIGURA 57 – CÁLCULO DA BIOMASSA – OPÇÃO 0
FONTE: O AUTOR (2015)

No primeiro campo, é apresentada uma equação de conversão do Volume em Biomassa. O Volume previamente calculado é apresentado e os componentes da fórmula são solicitados nos campos abaixo (Densidade, FEB e Razão de Raízes). Os valores padrões para estas variáveis são sugeridas pelo sistema, mas podem ser modificadas pelo usuário. A Figura 58 mostra o resultado do cálculo da biomassa após serem informados os parâmetros.

Novo Local - Biomassa
 Desejo calcular a Biomassa utilizando Equações de Conversão a partir do Volume

Local: Fazenda São Carlos

Área Total(ha): 10.0

Equação de Conversão de Volume em Biomassa: $\text{Volume} * \text{Densidade} * \text{FEB} * (1 + R)$

Volume do Local(m³): 2.587,54

Densidade Média da Madeira: 0,7

FEB (Fator de Expansão da Biomassa): 1,5

R (Razão das Raízes): 0,3

Os valores de D, FEB e R são somente sugestões do software

Cálculo Realizado com sucesso!

Calcular Biomassa

Biomassa Calculada do Local(t): 3.532,00

FIGURA 58 – CÁLCULO DA BIOMASSA – OPÇÃO 0 – RESULTADO
 FONTE: O AUTOR (2015)

Após o cálculo do volume, caso no cadastramento do local tenha sido informado que se deseja calcular o carbono do local, esta opção será apresentada na tela e explicada na próxima seção.

4 - Desejo utilizar uma equação padrão do sistema para estimar a Biomassa

Esta opção, existente no cálculo do volume, no caso da biomassa oferece duas equações padrões, uma para a biomassa da parte aérea e outra para a biomassa das raízes. Internamente o *software* faz a soma dos dois valores para compor a biomassa total. A Figura 59 mostra a seleção dos parâmetros com as características do local e as equações padrões para biomassa aérea e de raízes que serão usadas no cálculo.

Novo Local - Biomassa

Desejo utilizar uma equação padrão do sistema para estimar a Biomassa

Local:
Fazenda São Carlos

Área Total(ha):
10.0

Passo 1 - Busca da Equação Padrão para o Local

Bioma: Mata Atlântica

Formação: Floresta Ombrófila Mista

Estágio: Inicial

Buscar Equação Padrão

Equação de Biomassa Padrão para este local (Parte Aérea):

$$-3,025 \cdot \text{dap} + 0,425 \cdot \text{dap}^2 + 0,006 \cdot \text{dap}^2 \cdot h$$

Equação de Biomassa Padrão para este local (Raízes):

$$\text{EXP}(-2,960 + 1,072 \cdot \ln(\text{dap}^2))$$

Passo 2 - Cálculo da Biomassa usando esta Equação

Selecionar Arquivo com dados das Árvores e Clicar em Salvar Arquivo

Escolher arquivo Nenhum arquivo selecionado [Baixar Exemplo de Arquivo com Árvores](#)

Salvar Arquivo

Arquivo selecionado para o Cálculo

Calcular a Biomassa Usando a Equação

Biomassa Calculada do Local(t)

FIGURA 59 – CÁLCULO DA BIOMASSA – OPÇÃO 0 – RESULTADO
 FONTE: O AUTOR (2015)

Após a seleção do arquivo de entrada, os procedimentos são os mesmos explicados nas seções anteriores.

4.1.4 Cálculo do Carbono do Local

O próximo resultado do *software* é o cálculo do carbono total do local. Tal cálculo pode ser feito com as mesmas alternativas de cálculo de volume e biomassa (usando equações, modelos ou *Data Mining*) e também por meio de equações de conversão a partir do volume ou biomassa.

Após o cálculo do Volume por qualquer um dos 10 métodos explicados na seção 4.1.2 e da Biomassa, utilizando os mesmos métodos e mais a equação de conversão a partir do volume, como explicado na seção 4.1.3, caso tenha sido escolhida a opção para se calcular o Carbono, a seguinte tela da Figura 60 será apresentada.

BIOFIX JCarbon Home Locais Cadastros Email Password Login

Novo Local - Cálculo do Carbono

Local: Fazenda Rio Pequeno

O que você deseja fazer?

- ☒ 0 - Desejo calcular o Carbono utilizando Funções de Conversão a partir do Volume
- ☐ 3 - Tenho o Carbono de Parcelas e desejo estimar o local
- ☐ 4 - Desejo utilizar uma equação padrão do sistema para estimar o Carbono
- ☐ 5 - Desejo selecionar uma equação cadastrada no sistema para estimar o Carbono
- ☐ 6 - Desejo cadastrar uma nova equação para estimar o Carbono
- ☐ 7 - Desejo utilizar um modelo padrão do sistema para ajustar uma equação estimar o Carbono
- ☐ 8 - Desejo selecionar um modelo cadastrado no sistema para ajustar uma equação e estimar o Carbono
- ☐ 9 - Desejo cadastrar um novo modelo para ajustar uma equação e estimar o Carbono
- ☐ 10 - Tenho dados das árvores e desejo utilizar somente Data Mining para estimar o Carbono do local
- ☐ 11 - Desejo somente ajustar uma equação de Carbono com árvores cubadas

Avançar

FIGURA 60 – CÁLCULO DO CARBONO
FONTE: O AUTOR (2015)

Assim, como no cálculo da biomassa, além dos 10 métodos apresentados nas opções de 3 a 10, o sistema mostra a opção “0 - Desejo calcular o Carbono utilizando Equações de Conversão a partir do Volume” (como explicado na seção 3.1.12, a opção 11 trata-se de um cálculo reduzido das opções 7,8 e 9, por isso não está sendo tratada neste tópico). Assim, quando a opção 0 for selecionada, a tela da Figura 61 será apresentada.

Novo Local - Carbono

Desejo calcular o Carbono utilizando Equações de Conversão a partir do Volume ou Biomassa

Local: Fazenda São Carlos

Área Total(ha): 10.0

Equação de Conversão de Volume em Carbono: $\text{Volume} * \text{Densidade} * \text{FEB} * (1 + R) * \text{TC}$

Volume do Local(m3): 2.587,54

Biomassa do Local(t): 3.532,00

Densidade Média da Madeira: 0,7

FEB (Fator de Expansão da Biomassa): 1,5

R (Razão das Raízes): 0,3

Teor de Carbono: 0,47

Os valores de D, FEB, R e TC são somente sugestões do software

Calcular Carbono

Carbono Calculado do Local(t)

FIGURA 61 – CÁLCULO DO CARBONO – OPÇÃO 0
 FONTE: O AUTOR (2015)

No primeiro campo, é apresentada uma equação de conversão do Volume em Carbono. O Volume e a Biomassa previamente calculados são apresentados e os componentes da fórmula são solicitados nos campos abaixo (Densidade, FEB, Razão de Raízes e Teor de Carbono). Os valores padrões para estas variáveis são sugeridas pelo sistema, mas podem ser modificadas pelo usuário. Após preencher os campos e pressionar o botão “Calcular Carbono”, a tela da Figura 62 será apresentada.

Novo Local - Carbono
Desejo calcular o Carbono utilizando Equações de Conversão a partir do Volume ou Biomassa

Local:

Área Total(ha):

Equação de Conversão de Volume em Carbono:

Volume do Local(m³):

Biomassa do Local(t):

Densidade Média da Madeira:

FEB (Fator de Expansão da Biomassa):

R (Razão das Raízes):

Teor de Carbono:

Os valores de D, FEB, R e TC são somente sugestões do software

Cálculo Realizado com sucesso!

Calcular Carbono

Carbono Calculado do Local(t)

FIGURA 62 – CÁLCULO DO CARBONO – OPÇÃO 0 – RESULTADO
 FONTE: O AUTOR (2015)

Com este resultado, todo o ciclo de cadastramento de um novo local e os cálculos de Volume, Biomassa e Carbono foram explicados.

4.1.5 Consultar Locais

O JCarbon oferece a opção de consultar todos os dados cadastrados para um determinado local, bem como o resultado dos cálculos realizados. Esta consulta é feita pelo menu Locais / Consultar ou Excluir. As telas a seguir apresentam os locais, os ajustes de modelo, estimativas e estatísticas dos locais.

Primeiramente, o sistema apresenta uma tela de filtro para que o usuário informe argumentos de consulta. A tela apresenta todos os locais, mas o usuário tem a opções de informar alguns argumentos para diminuir a quantidade de locais listados e facilitar a busca do local desejado.

Ao selecionar o menu Locais / Consultar ou Excluir, a seguinte tela da Figura 63 será apresentada.

Consultar e/ou Excluir Locais

10 resultados por página Pesquisar

Local	Ações
Fazenda Santa Eduarda	Consultar Excluir
Fazenda Santa Irene	Consultar Excluir
Fazenda Santa Juliana	Consultar Excluir
Fazenda Santa Val	Consultar Excluir
Fazenda São Gabriel	Consultar Excluir
Fazenda São Jean	Consultar Excluir
Fazenda São Lucas	Consultar Excluir

Mostrando de 1 até 7 de 7 Locais ← Anterior 1 Próximo →

Deseja filtrar a consulta por alguns desses campos?

Local

Endereço

Bioma

Tipo de Floresta

Formação

[Pesquisar](#)

FIGURA 63 – CONSULTA LOCAL – LISTA
FONTE: O AUTOR (2015)

Para refinar a busca, pode-se informar parte do nome do local e/ou endereço, Bioma, Tipo de Floresta e Formação.

Na lista de locais apresentados, caso seja pressionado o botão “Excluir”, após pedir uma confirmação, o local será excluído da base. Ressalta-se que, caso o ajuste tenha sido feito com um modelo e/ou a estimativa, utilizando uma equação, tanto o modelo como a equação não são excluídos do sistema, somente desvinculados do local excluído.

Caso o usuário escolha um determinado local da lista e pressione o botão “Consultar”, a seguinte tela da Figura 64 será apresentada com os dados do local.

Consultar Local

Local:

Endereço:

Latitude/Longitude:

Área Total(ha)

Área da Parcela(ha)

Tipo de Floresta

Bioma

Formação

Espécie

Espaçamento

Idade

Volume:

Autor do Modelo de Volume

Modelo de Volume

Equação de Volume

Volume Total(m3)
Calculado com a Equação

Biomassa:

Equação de Biomassa

Biomassa Total(t)
Calculada com a Equação

Carbono:

Carbono Total(t)
Calculado com a Equação

[Baixar os Dados do Local](#) [Baixar Detalhes dos Ajustes](#) [Baixar Detalhes dos Cálculos](#)

FIGURA 64 – CONSULTA LOCAL – DETALHES
FONTE: O AUTOR (2015)

Após verificar os dados da tela, o usuário tem as opções de baixar planilhas contendo estes dados, os detalhes dos ajustes e das estimativas.

Se o botão “Baixar os Dados do Local” for pressionado, o sistema apresenta a tela da Figura 65.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Local:	Fazenda São Carlos						
2	Endereço:	Estrada da Lage, Balsa Nova - PR, 83650-000, Brazil						
3	Área(ha):	10						
4	Tipo de Floresta:	Plantada						
5	Bioma:	Mata Atlântica						
6	Formação:	Floresta Ombrófila Mista						
7	Dados do Povoamento							
8	Gênero:	Pinus						
9	Idade(anos):	5						
10	Espaçamento:	2 x 2,5						
11								
12	Tipo de Estimativa da Biomassa:	Utilizada uma equação padrão do sistema						
13	Equação de Biomassa:	$8,5466111+0,019331*dap^2*h$						
14	Biomassa(t):	1.455,58						
15								
16	Tipo de Estimativa do Volume:	Selecionado um modelo cadastrado no sistema para ajustar uma equação						
17	Modelo de Volume:	$b0+b1*ln(dap)+b2*ln(h)$						
18	Autor do Modelo de Volume:	Schumacher & Hall						
19	Equação de Volume:	$EXP(-10,2086 + 1,8812*ln(dap) + 1,1194*ln(h))$						
20	Volume(m3):	2.587,54						
21								
22	Tipo de Estimativa do Carbono:	Calculado o Carbono utilizando Equações de Conversão a partir do Volume/Biomassa						
23	Função de Conversão de Volume em Carbono:	$Volume * Densidade * FEB * (1 + R) * TC$						
24	Volume(m3):	2587,543544						
25	Densidade Média da Madeira:	0,7						
26	FEB (Fator de Expansão da Biomassa):	1,5						
27	R (Razão de Raízes):	0,3						
28	Biomassa(t):	1.455,58						
29	TC (Teor de Carbono):	0,47						
30	Carbono(t):	684,12						

FIGURA 65 – CONSULTA LOCAL – PLANILHA DE DADOS
FONTE: O AUTOR (2015)

Na Figura 64, caso o usuário pressione o botão “Baixar Detalhes dos Ajustes”, a tela da Figura 66 será apresentada.

	A	B	C	D	E
1	DETALHES DO AJUSTE DO VOLUME				
2					
3	Local:	Fazenda São Carlos			
4	Modelo:	$LN(V) = b0+b1*ln(dap)+b2*ln(h)$			
5	Equacao:	$exp(-10.208618458866464 + 1.8812315848131804*ln(dap) + 1.119406821324986*ln(h))$			
6					
7	Estatísticas do Ajuste				
8	R2:	0,9888			
9	R2 Ajustado:	0,9885			
10	Syx:	0,0498			
11	Syx%:	9,79			
12	AIC:	-590,0322			
13	BIC:	-127,3300			
14	Wilmott:	0,9972			
15	Soma Quad. Resíduos:	0,24			
16	Soma Quad. Regressao:	21,74			
17	Soma Quad. Totais:	21,40			
18					
19	Árvore	dap	h	Volume Observado(m3)	Volume Estimado(m3)
20	1	8,90	6,90	0,0217	0,0196
21	2	8,00	7,90	0,0194	0,0187
22	3	27,80	16,90	0,4571	0,4560
23	4	25,40	14,80	0,3364	0,3316
24	5	11,90	8,60	0,0513	0,0434

FIGURA 66 – CONSULTA LOCAL – PLANILHA DE AJUSTE – VOLUME
FONTE: O AUTOR (2015)

Finalmente, na Figura 64, caso o usuário pressione o botão “Baixar Detalhes dos Cálculos”, a tela da **Error! Reference source not found.** será apresentada.

	A	B	C	D	E
1	DETALHES DO CÁLCULO DO VOLUME				
2					
3	Local:	Fazenda São Carlos			
4	Equacao:	$\exp(-10.208618458866464 + 1.8812315848131804 * \ln(dap) + 1.119406821324986 * \ln(h))$			
5	Variável de Interesse:	Volume			
6					
7	Estatísticas da Estimativa				
8	Média por Parcela (m3):	12,94			
9	Variância:	52,49			
10	Desvio Padrão:	7,25			
11	Variância da Média:	4,99			
12	Erro Padrão:	2,23			
13	Coefficiente de Variação:	0,56			
14	Erro Absoluto:	5,05			
15	Erro Relativo:	39,05			
16	Intervalo de Confiança Mínimo(Média)(m3):	7,89			
17	Intervalo de Confiança Máximo(Média)(m3):	17,99			
18	Valor Total Mínimo(m3):	1.577,22			
19	Valor Total Máximo(m3):	3.597,87			
20	Valor Total Médio(m3):	2.587,54			
21					
22	Parcela	Árvore	dap	h	Volume Estimado(m3)
23	1	1	25,00	22,70	0,5179
24		2	23,40	22,60	0,4551
25		3	20,60	10,00	0,1437
26		4	5,60	4,50	0,0051

FIGURA 67 – CONSULTA LOCAL – PLANILHA DE CÁLCULOS – VOLUME
 FONTE: O AUTOR (2015)

Com esta tela, todas as opções de consulta de um local, foram apresentadas.

4.1.6 Menu Cadastros

O cadastro dos locais, bem como equações e modelos que ele utiliza, necessita que um conjunto de objetos seja previamente cadastrado. Como exemplo, para que o usuário selecione a informação do Bioma de um local, o campo tipo comboBox da sua tela precisa buscar todos os biomas cadastrados para apresentar e permitir que um deles seja selecionado. No cadastro de uma equação ou modelo matemático, as variáveis que podem ser utilizadas nas fórmulas também necessitam ser previamente cadastradas. Estes cadastros são realizados nas opções do menu Cadastros do JCarbon.

Os seguintes cadastros são realizados para um local:

Biomass;

Formações;

Gêneros;

Espaçamentos.

Os seguintes cadastros são realizados para equações e modelos:

Equações;

Modelos;

Autores de Modelos;

Variáveis.

Todos os cadastros seguem o mesmo padrão, apresentam uma lista com todos os valores cadastrados com as opções de "Editar ou Excluir" cada um deles. No final da lista será apresentada a opção de incluir um Novo cadastro.

A seguir será mostrado o funcionamento do cadastro de Variáveis. Os demais cadastros seguem o mesmo sistema.

Ao selecionar o menu Cadastros / Variáveis, a seguinte tela da Figura 68 será apresentada.

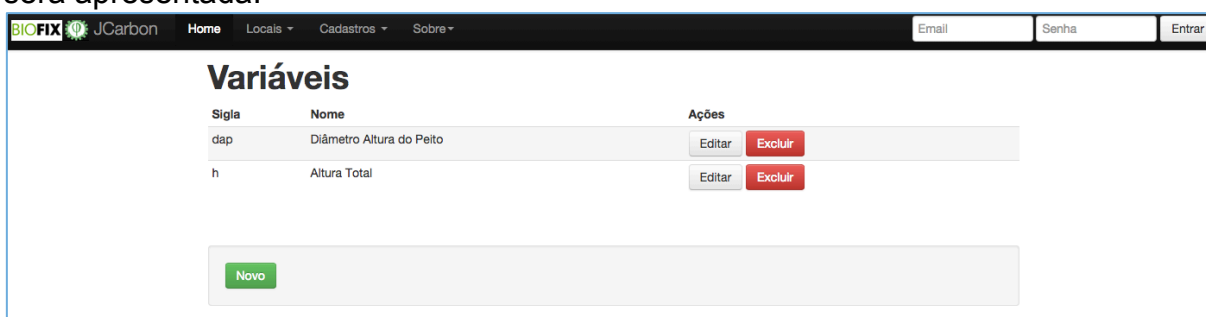


FIGURA 68 – CADASTRO DE VARIÁVEIS – LISTA
FONTE: O AUTOR (2015)

Nesta tela, caso seja pressionado o botão “Excluir”, após solicitar uma confirmação, o sistema verifica se nenhuma árvore de algum local ou uma equação ou modelo utilizam esta variável para só então, excluí-la.

Caso seja pressionado o botão “Editar”, serão expostos os valores da variável selecionada com a opção de alteração e, caso seja pressionado o botão “Novo”, a seguinte tela da Figura 69 será apresentada.

The screenshot shows the 'Nova Variável' (New Variable) form in the JCarbon application. The interface features a dark header bar with the JCarbon logo and navigation links: 'Home', 'Locais', and 'Cadastros'. On the right side of the header, there are input fields for 'Email', 'Password', and a 'Login' button. The main content area is titled 'Nova Variável' and contains two input fields: 'Sigla' and 'Nome'. Below these fields is a light gray box containing two buttons: 'Salvar' (Save) and 'Voltar' (Back).

FIGURA 69 – CADASTRO DE VARIÁVEIS - NOVA VARIÁVEL
 FONTE: O AUTOR (2015)

Após o usuário informar sigla, nome e pressionar o botão “Salvar”, a nova variável será cadastrada.

É importante ressaltar sobre o menu Cadastros, que equações e modelos podem ser cadastrados neste menu ou no momento da inclusão de um novo local quando utilizadas as opções 6 para equações ou 9 para modelos, conforme explicado na seção 3.1.

4.2 MODELAGEM DAS CLASSES DO SOFTWARE JCARBON

A modelagem das classes do *software* JCarbon seguiu a teoria de análise orientada a objetos descrita na seção 2.4.2 e do Modelo Unificado descrito na seção 2.4.1. Todo *software* possui internamente o conhecimento das técnicas, procedimentos, fórmulas para se atingir um determinado resultado da área que tratou. Neste particular, é importante conhecer sua arquitetura, como foram organizados seus componentes e como estão estruturados. Este tópico mostra os resultados da modelagem das classes do sistema, seus atributos e métodos, qual implicação da utilização de cada um deles e quais os relacionamentos entre essas classes.

A Figura 70 mostra o diagrama de classes do sistema construído segundo esta metodologia. Nele são apresentadas todas as classes de objetos do sistema com seus relacionamentos. As classes na cor vermelha são classes de domínio estável onde seus dados não se alteram com o tempo, por exemplo, quantidade de vizinhos e tipo de estimativa. As de cor laranja também são classes de domínio mas

seus dados são mantidos pelo administrador do sistema, por exemplo, variáveis das árvores e autores de modelos. Finalmente, as de cor amarela são as classes de negócio onde são armazenados os dados das simulações e cadastros realizados, por exemplo, local, árvore, equação, dentre outras.

Nas seções seguintes, o funcionamento de cada uma delas será explicado. Por questões de espaço, este diagrama não contém os métodos das classes que serão apresentados nas seções correspondentes.

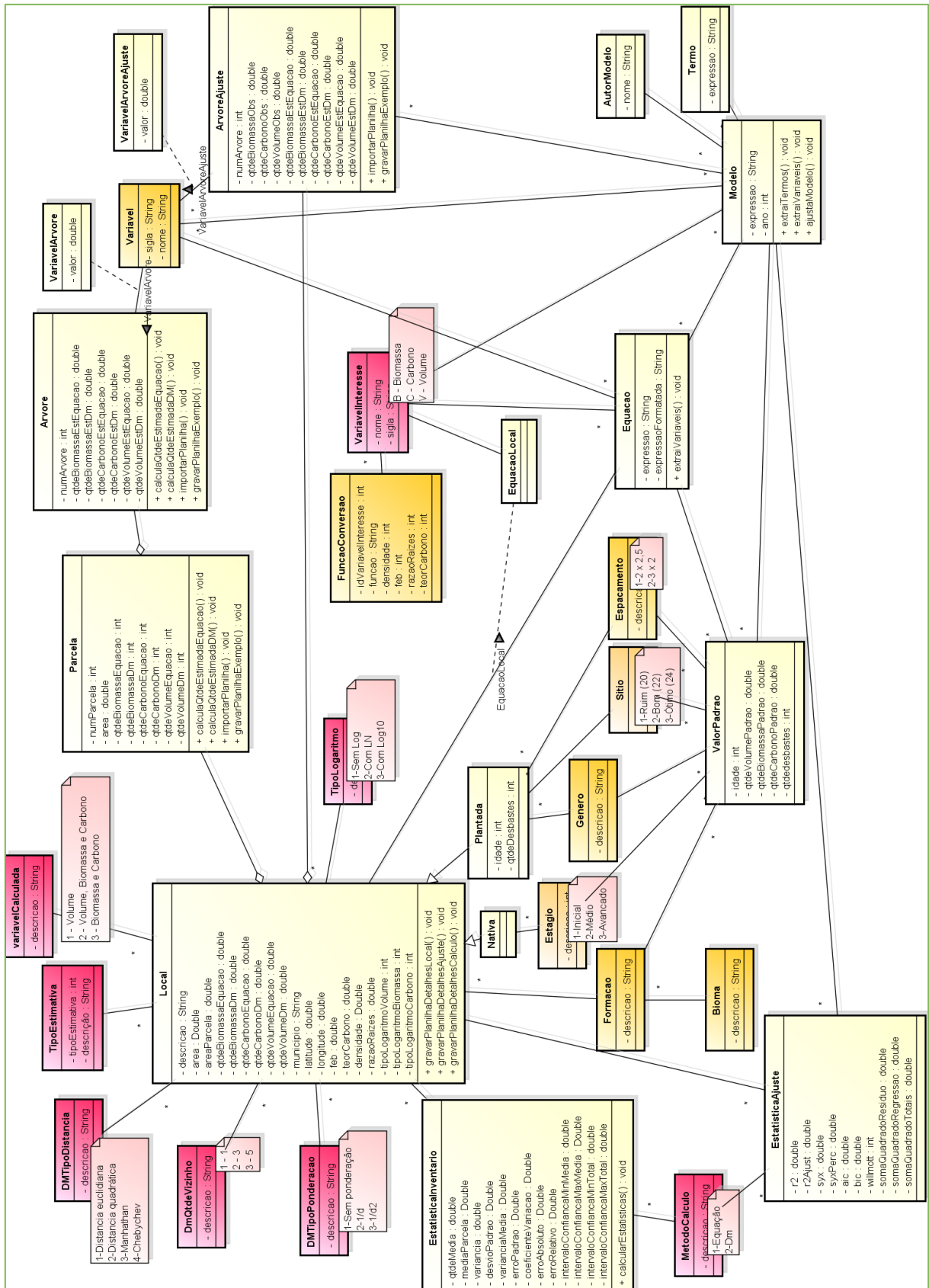


FIGURA 70 – DIAGRAMA DE CLASSES DO SOFTWARE JCARBON
 FONTE: O AUTOR (2015)

4.2.1 Classes de Domínio

Dentre as classes de um sistema, muitas delas são responsáveis por armazenar os domínios que serão utilizados como informações das classes que realizam as funções principais do sistema. A seguir, serão apresentadas as classes de domínio com os seus respectivos conteúdos a qual objetivo elas servem dentro do sistema.

Classe: “Bioma”

Conteúdo: Biomas. Originalmente foi cadastrado somente o Bioma Mata Atlântica.

Objetivo: Esta é uma informação de um determinado local para florestas nativas ou plantadas. Assim como o tipo de floresta, esta informação é importante quando se deseja utilizar os valores, equações ou modelos padrões, que também estão cadastrados por bioma.

Classe: “Formacao”

Conteúdo: Formação. Cadastrados dependendo do bioma, originalmente constam as seguintes formações:

Bioma Mata Atlântica, formações: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidua, Floresta Estacional Semidecidual.

Tais informações foram baseadas no cadastro do Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 2015) para o Estado do Paraná.

Objetivo: Assim como o bioma, esta é uma informação de um determinado local para florestas nativas ou plantadas. Assim como o tipo de floresta, esta informação é importante quando se deseja utilizar os valores, equações ou modelos padrões, que também estão cadastrados por bioma/formação.

Classe: “Gênero”

Conteúdo: Gêneros de árvores

Objetivo: Esta é uma informação de um determinado local quando se tratar de uma floresta plantada (TipoFloresta=2), indicando qual o gênero de árvore plantado neste local. Assim como o tipo de floresta, esta informação é importante quando se deseja utilizar os valores, equações ou modelos padrões, que também estão cadastrados por gênero.

Os gêneros cadastrados no sistema são:

1 – Pinus

2 – Eucalipto

É importante ressaltar que, o banco de dados é aberto para novos gêneros que se desejam incorporar ao sistema. Nesta versão foram colocados somente estes dois gêneros.

Classe: “Sitio”

Conteúdo: Qualidade do sítio do local

Objetivo: Esta é uma informação de um determinado local quando se tratar de uma floresta plantada (TipoFloresta=2). Esta informação é manipulada quando se deseja utilizar os valores, equações ou modelos padrões, que estão cadastrados por sítio.

O sítio pode ser classificado como:

1 – Ruim: índice de sítio=20

2 – Bom: índice de sítio=22

3 – Ótimo: índice de sítio=24

Classe: “Espacamento”

Conteúdo: Espaçamento do plantio.

Objetivo: Esta é uma informação de um determinado local quando se tratar de uma floresta plantada (TipoFloresta=2), indicando qual foi o espaçamento do plantio. Também acessada quando se deseja utilizar os valores, equações ou modelos padrões, que também estão cadastrados por espaçamento.

Os espaçamentos cadastrados no sistema são:

1 – 2 x 2,5 m

2 – 3 x 2 m

Classe: “Estágio”

Conteúdo: Estágio do plantio.

Objetivo: Esta é uma informação de um determinado local quando se tratar de uma floresta nativa (TipoFloresta=1), indicando qual foi o estágio da floresta nativa. Também acessada quando se deseja utilizar os valores, equações ou modelos padrões, que também estão cadastrados por estágio.

Os estágios cadastrados no sistema são:

1 – Inicial

2 – Médio

3 – Avançado

Classe: “VariavelInteresse”

Conteúdo: 1 – Biomassa

2 – Carbono

3 – Volume

Objetivo: Indica quais variáveis o *software* JCarbon está preparado para calcular. Após os cálculos, esta informação é utilizada para armazenar o valor calculado na variável correspondente à escolha do usuário.

Classe: “TipoEstimativa”

Conteúdo: O QUADRO 14 mostra todos os tipos de estimativas por variável de interesse que o sistema está preparado para realizar.

Tipo	Descrição	Variável de Interesse
1	1 - Desejo saber os valores de Volume/Biomassa/Carbono padrões para um local com estas características	Biomassa, Carbono, Volume
2	2 - Já conheço os valores de Volume/Biomassa/Carbono deste local e desejo somente cadastrá-los no sistema	Biomassa, Carbono, Volume
3	3 - Tenho o Volume de Parcelas e desejo estimar o local	Volume
4	4 - Desejo utilizar uma equação padrão do sistema para estimar o Volume	Volume
5	5 - Desejo selecionar uma equação cadastrada no sistema para estimar o Volume	Volume
6	6 - Desejo cadastrar uma nova equação para estimar o Volume	Volume
7	7 - Desejo utilizar um modelo padrão do sistema para ajustar uma equação estimar Volume	Volume
8	8 - Desejo selecionar um modelo cadastrado no sistema para ajustar uma equação e estimar o Volume	Volume
9	9 - Desejo cadastrar um novo modelo para ajustar uma equação e estimar o Volume	Volume
10	10 - Tenho dados das árvores e desejo utilizar somente Data Mining para estimar o Volume do local	Volume
11	3 - Tenho a Biomassa de Parcelas e desejo estimar o local	Biomassa
12	4 - Desejo utilizar uma equação padrão do sistema para estimar a Biomassa	Biomassa
13	5 - Desejo selecionar uma equação cadastrada no sistema para estimar a Biomassa	Biomassa
14	6 - Desejo cadastrar uma nova equação para estimar a Biomassa	Biomassa
15	7 - Desejo utilizar um modelo padrão do sistema para ajustar uma equação estimar a Biomassa	Biomassa
16	8 - Desejo selecionar um modelo cadastrado no sistema para ajustar uma equação e estimar a Biomassa	Biomassa
17	9 - Desejo cadastrar um novo modelo para ajustar uma equação e estimar a Biomassa	Biomassa
18	10 - Tenho dados das árvores e desejo utilizar somente Data Mining para estimar a Biomassa do local	Biomassa
19	3 - Tenho o Carbono de Parcelas e desejo estimar o local	Carbono
20	4 - Desejo utilizar uma equação padrão do sistema para estimar o Carbono	Carbono
21	5 - Desejo selecionar uma equação cadastrada no sistema para estimar o Carbono	Carbono
22	6 - Desejo cadastrar uma nova equação para estimar o Carbono	Carbono
23	7 - Desejo utilizar um modelo padrão do sistema para ajustar uma equação estimar o Carbono	Carbono
24	8 - Desejo selecionar um modelo cadastrado no sistema para ajustar uma equação e estimar o Carbono	Carbono
25	9 - Desejo cadastrar um novo modelo para ajustar uma equação e estimar o Carbono	Carbono
26	10 - Tenho dados das árvores e desejo utilizar somente Data Mining para estimar o Carbono do local	Carbono
27	11 - Desejo somente ajustar uma equação de Volume com árvores cubadas	Volume
28	11 - Desejo somente ajustar uma equação de Biomassa com árvores cubadas	Biomassa

29	11 - Desejo somente ajustar uma equação de Carbono com árvores cubadas	Carbono
30	0 - Desejo calcular a Biomassa utilizando Equações de Conversão a partir do Volume	Biomassa
31	0 - Desejo calcular o Carbono utilizando Equações de Conversão a partir do Volume	Carbono

QUADRO 14 – TIPOS DE ESTIMATIVAS REALIZADAS PELO JCARBON
 FONTE: O AUTOR (2015)

Objetivo: Esta classe armazena os tipos que serão apresentados nas telas de cálculo de Volume, Biomassa e Carbono para que o usuário selecione com qual tipo deseja realizar o cálculo.

Classe: “VariavelCalculada”

- Conteúdo: 1 – Volume
 2 – Volume, Biomassa, Carbono
 3 – Biomassa, Carbono

Objetivo: Esta escolha é feita no cadastramento do local e indica qual ou quais das três variáveis de interesse o usuário deseja realizar o cálculo. Dependendo desta escolha, o JCarbon apresentará tela(s) correspondentes para o cálculo de cada uma das variáveis.

Classe: “DmTipoDistancia”

- Conteúdo: 1 – Euclidiana
 2 – Quadrática
 3 – Manhattan
 4 - Chebychev

Objetivo: Conforme explicado na seção 3.3, quando o usuário selecionar a opção de realizar as estimativas com a técnica do *Data Mining*, este domínio indica qual tipo de distância será utilizado nos cálculos.

Classe: “DmQtdeVizinho”

- Conteúdo: 1 – 1 Vizinho
 2 – 3 Vizinhos
 3 – 5 Vizinhos

Objetivo: Parâmetro também utilizado quando for selecionada a técnica do *Data Mining*, que indica a quantidade de vizinhos para o cálculo. Segundo a seção 3.3, o JCarbon está preparado para realizar as estimativas com 1, 3 ou 5 vizinhos.

Classe: “DmTipoPonderacao”

- Conteúdo: 1 – Sem ponderação
 2 – $1 / d$
 3 – $1 / d^2$

Objetivo: Parâmetro também utilizado quando for selecionada a técnica do *Data Mining*, que indica qual a ponderação será utilizada para 3 ou 5 vizinhos. Quando for selecionada a opção de 1 vizinho, automaticamente o sistema assume o tipo de ponderação 1 (Sem ponderação).

Classe: “Variavel”

- Conteúdo: Lista de variáveis.

Objetivo: Lista de variáveis que podem ser utilizadas nas dimensões das árvores e que estarão envolvidas em equações e modelos. Originalmente estão cadastradas as variáveis “dap” e “altura”.

Classe: “MetodoCalculo”

- Conteúdo: 1 – Equação
 2 – *Data Mining*

Objetivo: Indica qual dos dois métodos o JCarbon estará preparado para calcular.

4.2.2 Classes Principais

A seguir serão apresentadas as classes responsáveis por manipular os objetos principais do sistema e seus principais relacionamentos com outras classes.

Classe “Local”

É a classe principal do sistema, aquela que é manipulada no primeiro passo do usuário no sistema quando um novo local é cadastrado. Responsável por manipular o objeto “local”. A Figura 71 mostra a classe “Local” e os QUADRO 15, 16 e 17 mostram os atributos e métodos. Conforme explicado na seção 2.4.2, a falta da acentuação faz parte do padrão de escrita de nomes de classes, atributos e métodos.

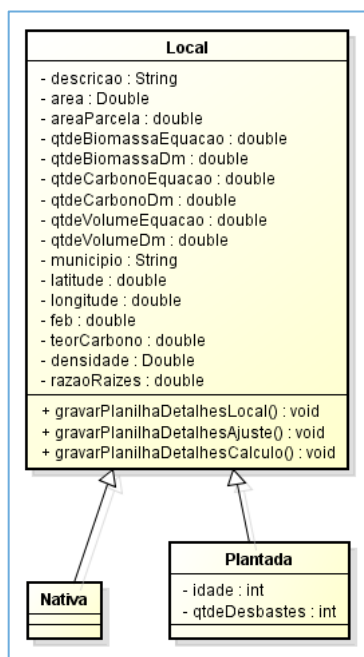


FIGURA 71– CLASSE LOCAL
FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos	Objetivo
descricao, município, latitude, longitude	Informações básicas do objeto local coletados das telas somente para apresentação.
area, areaParcela	Utilizadas para a estimativa dos valores do local
idade, qtdeDesbastes	Para o caso de uma floresta plantada, esta informação é útil quando se deseja buscar o valor, equação ou modelo padrão
qtdeBiomassaEquacao qtdeBiomassaDm qtdeCarbonoEquacao qtdeCarbonoDm qtdeVolumeEquacao qtdeVolumeDm	Como o sistema está preparado para calcular as quantidades de volume, biomassa e carbono pelos dois métodos de cálculo (Equação ou <i>Data Mining</i>), a classe contém seis atributos de quantidade capazes de armazená-las conforme a opção de cálculo do usuário.
feb	Fator de Expansão da Biomassa utilizado na equação de conversão de volume em biomassa
teorCarbono	Teor de Carbono utilizado na equação de conversão de biomassa em carbono
densidade	Densidade média da madeira utilizada na equação de conversão de volume em biomassa
razaoRaizes	Razão de Raízes utilizado na equação de conversão de volume em biomassa
idade	Para o caso de floresta plantada, contém a idade do plantio
qtdeDesbastes	Para o caso de floresta plantada, contém a quantidade de desbastes do local

QUADRO 15 – CLASSE LOCAL - ATRIBUTOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Métodos	Objetivo
gravarPlanilhaDetalhesLocal	Utilizado na consulta aos dados do local, o método é responsável por gravar a planilha do Microsoft Excel® contendo os dados básicos apresentada na tela de consulta ao local.
gravarPlanilhaDetalhesAjuste	Utilizado na consulta aos dados do local, caso o usuário tenha optado por ajustar um modelo matemáticos, este método é responsável por gravar a planilha do Microsoft Excel® contendo os dados deste ajuste e também é apresentada na tela de consulta ao local.
gravarPlanilhaDetalhesCalculo	Utilizado na consulta aos dados do local, este método é responsável por gravar a planilha do Microsoft Excel® contendo todos os cálculos realizados nas estimativas do local. Também é apresentada na tela de consulta ao local.

QUADRO 16 – CLASSE LOCAL - MÉTODOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos Associados	Objetivo
tipoEstimativaVolume	Identifica qual foi o tipo de estimativa selecionado para o cálculo do volume
tipoEstimativaBiomassa	Identifica qual foi o tipo de estimativa selecionado para o cálculo da biomassa
tipoEstimativaCarbono	Identifica qual foi o tipo de estimativa selecionado para o cálculo do carbono
tipoVariavelCalculada	Identifica quais variáveis de interesse foram calculadas para o local
dmTipoDistancia	Para o caso do cálculo usando <i>Data Mining</i> , esta informação determina o tipo de distância que foi utilizado na estimativa
dmQtdeVizinho	Para o caso do cálculo usando <i>Data Mining</i> , esta informação determina a quantidade de vizinhos que serão considerados no método
dmTipoPonderacao	Para o caso do cálculo usando <i>Data Mining</i> , esta informação determina a ponderação que será usada para as distância com os vizinhos
estatisticalInventario	Faz referência à classe onde estão armazenadas as estatísticas do inventário do local
estatisticaAjuste	Caso tenha sido realizado o ajuste de um modelo, faz referência à classe onde estão armazenadas as estatísticas deste ajuste
formacao	Faz referência à classe onde contém a formação e bioma do local
estagio	Para o caso de floresta nativa, faz referência à classe onde contém o estágio do plantio
espacamento	Para o caso de floresta plantada, faz referência à classe onde contém o espaçamento
genero	Para o caso de floresta plantada, faz referência à classe onde contém o gênero das árvores
sítio	Para o caso de floresta plantada, faz referência à classe onde contém o sítio

QUADRO 17 – CLASSE LOCAL – ATRIBUTOS ASSOCIADOS
 FONTE: O AUTOR (2015)

Classe “Parcela”

Um determinado local pode ser subdividido em parcelas. Assim, esta classe é uma agregação da classe “Local” (conforme explicado na seção 2.4.2) A Figura 72 mostra a classe “Parcela”, seus relacionamentos com as classes “Local” e “Arvore”, como também os QUADRO 18 e 19 mostram atributos e métodos.

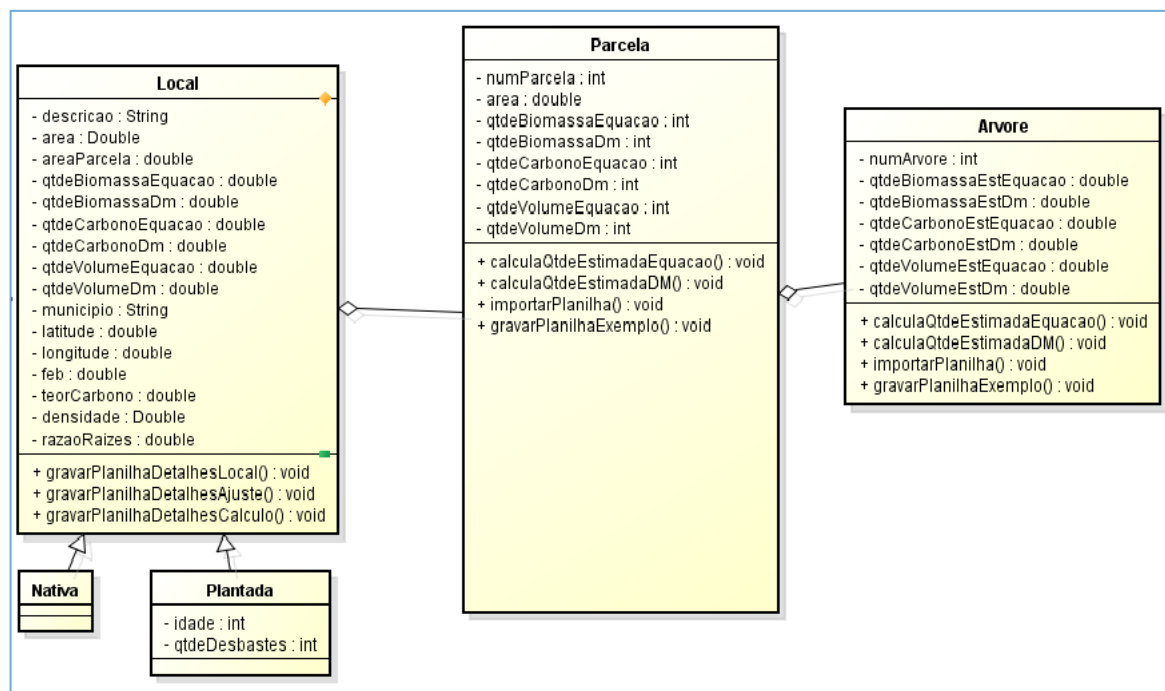


FIGURA 72 – CLASSE PARCELA
FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos	Objetivo
numParcela	Número sequencial da parcela no local
area	Área da parcela, utilizada para as estimativas do local
qtdeBiomassaEquacao qtdeBiomassaDm qtdeCarbonoEquacao qtdeCarbonoDm qtdeVolumeEquacao qtdeVolumeDm	Como o sistema está preparado para calcular as quantidades de volume, biomassa e carbono pelos dois métodos de cálculo (Equação ou <i>Data Mining</i>), a classe contém seis atributos de quantidade capazes de armazená-las conforme a opção de cálculo do usuário.

QUADRO 18 – CLASSE PARCELA - ATRIBUTOS
FONTE: O AUTOR (2015)

Métodos	Objetivo
calculaQtdeEstimadaEquacao	Calcula as quantidades das variáveis de interesse quando selecionado o método utilizando uma equação ou quando foram informados somente os dados das parcelas do local
calculaQtdeEstimadaDm	Calcula as quantidades das variáveis de interesse quando selecionado o método utilizando Data Mining
importarPlanilha	Faz a leitura dos dados de entrada das parcelas oriundos de uma planilha do Microsoft Excel® e grava no banco de dados.
gravarPlanilhaExemplo	Grava uma planilha do Microsoft Excel® para ser utilizada como exemplo para a criação da planilha de entrada de dados das parcelas.

QUADRO 19 – CLASSE PARCELA - MÉTODOS
FONTE: O AUTOR (2015)

Classe “Arvore”

Uma parcela é composta por diversas árvores. Assim, esta classe é uma agregação da classe “Parcela”. A Figura 73 mostra a classe “Arvore” e seu relacionamento com a classe “Parcela”. Os QUADRO 20 e 21 mostram seus atributos e métodos.

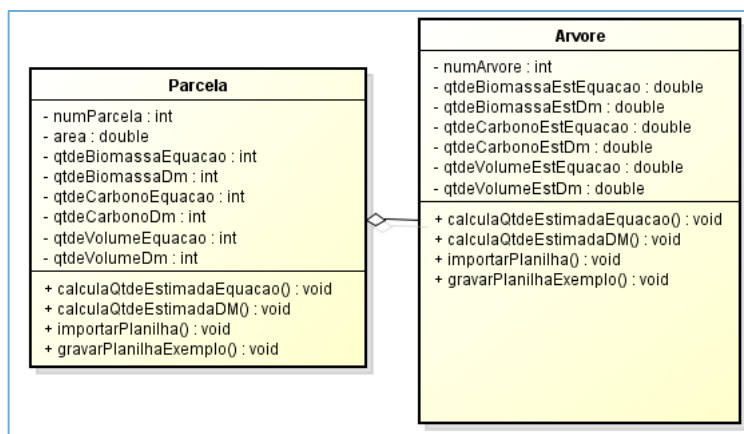


FIGURA 73 – CLASSE ARVORE

FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos	Objetivo
numArvore	Número sequencial da árvore (em todas as parcelas)
qtdeBiomassaEquacao qtdeBiomassaDm qtdeCarbonoEquacao qtdeCarbonoDm qtdeVolumeEquacao qtdeVolumeDm	Como o sistema está preparado para calcular as quantidades de volume, biomassa e carbono pelos dois métodos de cálculo (Equação ou <i>Data Mining</i>), a classe contém seis atributos de quantidade capazes de armazená-las conforme a opção de cálculo do usuário.

QUADRO 20 – CLASSE ARVORE - ATRIBUTOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Métodos	Objetivo
calculaQtdeEstimadaEquacao	Calcula as quantidades das variáveis de interesse quando selecionado o método utilizando uma equação
calculaQtdeEstimadaDm	Calcula as quantidades das variáveis de interesse quando selecionado o método utilizando Data Mining
importarPlanilha	Faz a leitura dos dados de entrada das árvores oriundos de uma planilha do Microsoft Excel® e grava no banco de dados
gravarPlanilhaExemplo	Grava uma planilha do Microsoft Excel® para ser utilizada como exemplo para a criação da planilha de entrada de dados das árvores

QUADRO 21 – CLASSE ARVORE - MÉTODOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Cada árvore possui suas dimensões representadas por suas variáveis. A relação de todas as variáveis que o sistema trabalha, está na classe “Variavel”. Para

o cadastramento dos valores destas variáveis de todas as árvores, foi criada uma classe de associação chamada “VariavelArvore” contendo a identificação da árvore, da variável e seu respectivo valor, conforme Figura 74. Pela metodologia explicada na seção 2.4.2, na classe de associação, não é necessário demonstrar os atributos das classes associadas, por isso, nesta classe, é mostrado somente o atributo “valor”.

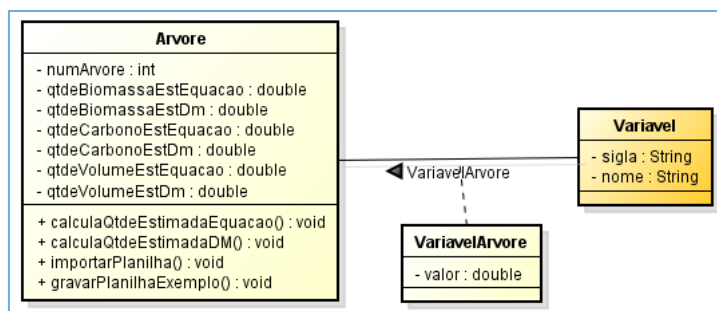


FIGURA 74 – CLASSE ARVORE – RELACIONAMENTO COM VARIÁVEIS
FONTE: O AUTOR (2015)

Classe “ArvoreAjuste”

Para realizar o ajuste de um modelo e montar uma equação, é necessária uma amostra de árvores aleatórias do local. A classe “ArvoreAjuste” contém as informações desta amostra e está ligada diretamente ao local. A Figura 75 mostra a classe e seu relacionamento com a classe “Local” e os QUADRO 22 e 23, seus atributos e métodos.

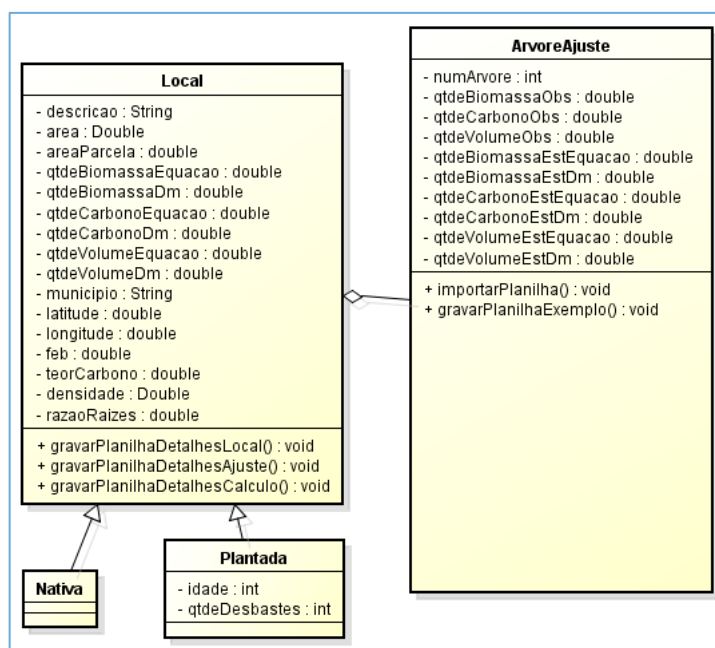


FIGURA 75 – CLASSE ARVOREAJUSTE
FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos	Objetivo
numArvoreAjuste	Número sequencial da árvore
qtdeBiomassaObs qtdeCarbonoObs qtdeVolumeObs	Contém os valores de Biomassa, Carbono e Volume observados (medidos) necessários para ajustar um determinado modelo ou estimativa usando <i>Data Mining</i>
qtdeBiomassaEstEquacao qtdeBiomassaEstDm qtdeCarbonoEstEquacao qtdeCarbonoEstDm qtdeVolumeEstEquacao qtdeVolumeEstDm	Contém os valores de Biomassa, Carbono e Volume estimados pela equação ou usando <i>Data Mining</i>

QUADRO 22 – CLASSE ARVOREAJUSTE - ATRIBUTOS
FONTE: O AUTOR (2015)

Métodos	Objetivo
importarPlanilha	Faz a leitura dos dados de entrada das árvores oriundos de uma planilha do Microsoft Excel© e grava no banco de dados quando o método de cálculo é equação
gravarPlanilhaExemplo	Grava uma planilha do Microsoft Excel© para ser utilizada como exemplo para a criação da planilha de entrada de dados das árvores

QUADRO 23 – CLASSE ARVOREAJUSTE - MÉTODOS
FONTE: O AUTOR (2015)

Assim como na classe “Arvore”, para o cadastramento dos valores das variáveis de todas as árvores do ajuste, foi criada uma classe de associação chamada “VariavelArvoreAjuste” contendo a identificação da árvore, da variável e seu respectivo valor, conforme Figura 76.

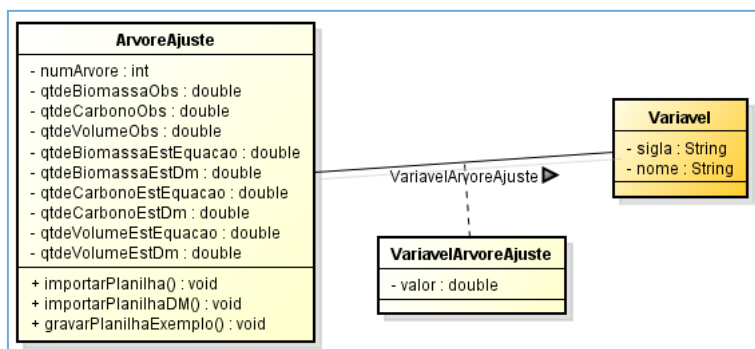


FIGURA 76 – CLASSE ARVOREAJUSTE – RELACIONAMENTO COM VARIÁVEIS
FONTE: O AUTOR (2015)

Classe “Equacao”

Contém todas as equações cadastradas no sistema que podem ser utilizadas para os cálculos de qualquer local. Na classe “EquacaoLocal”, são feitas as ligações de qual equação pertence a qual local por variável de interesse (classes de domínio explicadas na seção 4.2.1). A Figura 77 mostra a classe com seus relacionamentos. Os QUADRO 24, 25 e 26 apresentam seus atributos e métodos.

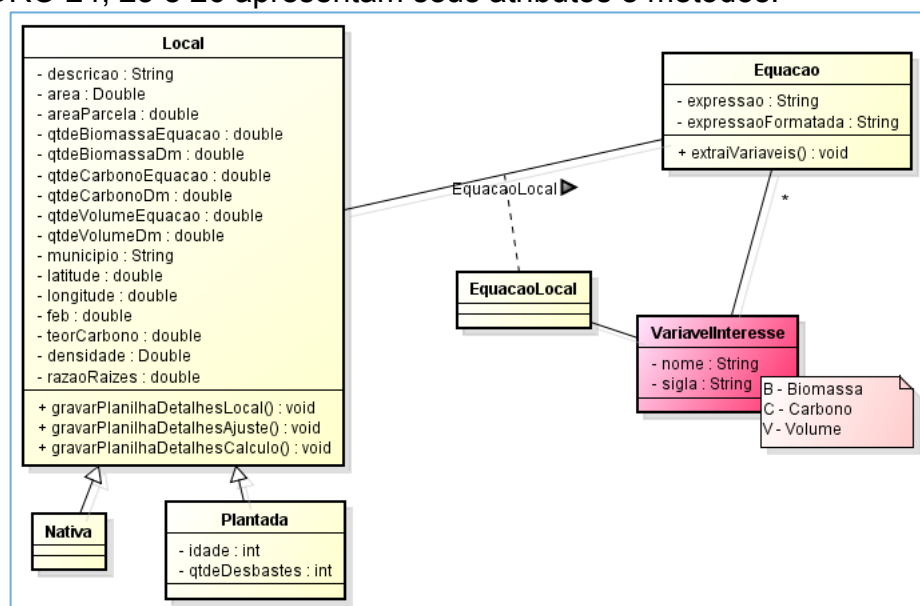


FIGURA 77 – CLASSE EQUACAO
FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos	Objetivo
expressao	Contém a expressão da equação completa
expressaoFormatada	Contém a expressão da equação formatada para apresentação

QUADRO 24 – CLASSE EQUACAO - ATRIBUTOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Métodos	Objetivo
extraiVariveis	Identifica todas as variáveis que uma determinada equação contém

QUADRO 25 – CLASSE EQUACAO - MÉTODOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos Associados	Objetivo
variaveis	Contém as referências à classe onde estão as variáveis da equação
variavelInteresse	Contém a referência à classe onde consta a qual variável de interesse se refere a equação
modelo	Quando a equação foi ajustada por um determinado modelo, este atributo contém a referência à classe onde consta este modelo

QUADRO 26 – CLASSE EQUACAO – ATRIBUTOS ASSOCIADOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Classe “Modelo”

Contém todos os modelos cadastrados no sistema que podem ser utilizados para os cálculos de qualquer local.

A Figura 78 mostra a classe com seus principais relacionamentos. Os QUADRO 27, 28 e 29 apresentam seus atributos e métodos.

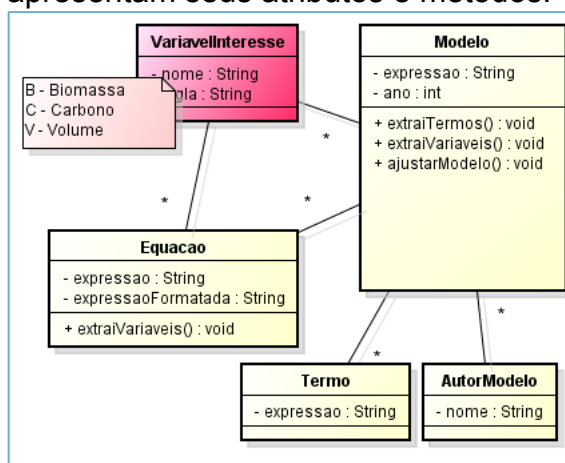


FIGURA 78 – CLASSE MODELO

FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos	Objetivo
expressao	Contém a expressão do modelo
ano	Contém o ano da criação do modelo

QUADRO 27 – CLASSE MODELO - ATRIBUTOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Métodos	Objetivo
extraiTemos	Identifica todos os termos do modelo
extraiVariveis	Identifica todas as variáveis que um determinado modelo contém

QUADRO 28 – CLASSE MODELO - MÉTODOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos Associados	Objetivo
termos	Contém as referências à classe onde estão os termos do modelo
autorModelo	Contém a referência à classe onde está o autor do modelo

QUADRO 29 – CLASSE MODELO – ATRIBUTOS ASSOCIADOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Classe “EstatisticaAjuste”

Contém os resultados dos cálculos estatísticos realizados nos ajustes de modelos, que geram equação ou ajustes realizados com *Data Mining*. Tais estatísticas estão ligadas a um determinado local e são armazenadas por variável de interesse. Todas as fórmulas de cálculo dos atributos da classe estão explicadas na seção 3.1.7. A Figura 79 mostra a classe e os QUADROS 30, 31 e 32, seus atributos e métodos.

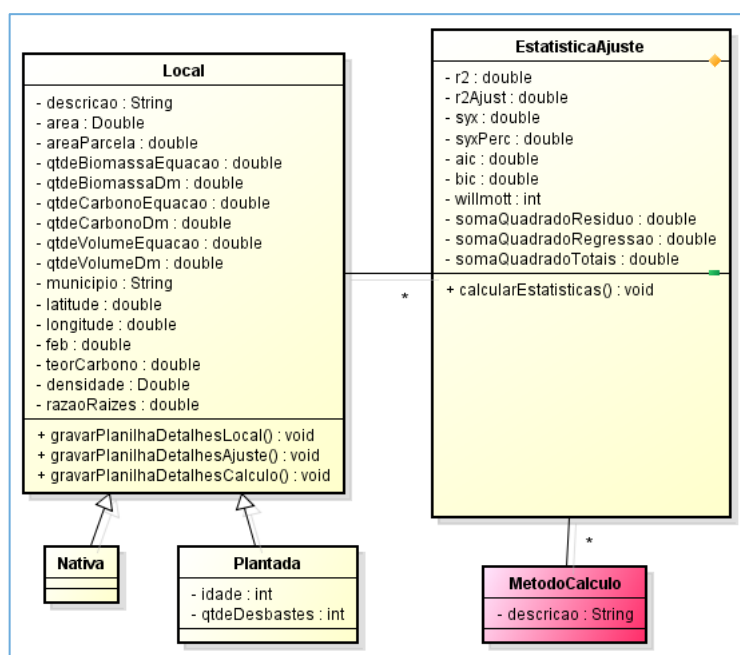


FIGURA 79 – CLASSE ESTATISTICAJUSTE

FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos	Objetivo
r2	Coeficiente de Determinação Múltipla
r2Ajust	Coeficiente de Determinação Múltipla Ajustado
syx	Erro Padrão da Estimativa
syxPerc	Erro Padrão da Estimativa em percentual
ia	Índice de Ajuste de Schlaegel
aic	Critério de Informação de Akaike
bic	Critério de Informação Bayesiano ou de Schwarz
willmott	Índice de Concordância de Willmott
somaQuadradoResiduo	Soma dos Quadrados dos Resíduos
somaQuadradoRegressao	Soma dos Quadrados de Regressão
somaQuadradoTotais	Soma dos Quadrados Totais

QUADRO 30 – CLASSE ESTATISTICAAJUSTE - ATRIBUTOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Métodos	Objetivo
calculaEstatisticas	Calcula todas as estatísticas de um determinado local quando foi selecionado o ajuste de um modelo matemático ou ajuste por <i>Data Mining</i>

QUADRO 31 – CLASSE ESTATISTICAAJUSTE - MÉTODOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos Associados	Objetivo
metodoCalculo	Contém a referência à classe onde está o método de cálculo utilizado

QUADRO 32 – CLASSE ESTATISTICAAJUSTE – ATRIBUTOS ASSOCIADOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Classe “EstatisticalInventario”

Contém as estatísticas calculadas quando o sistema faz a estimativa dos valores de Volume, Biomassa e/ou Carbono de um determinado local. Todas as fórmulas de cálculo dos atributos da classe estão explicados na seção 3.1.7. A Figura 80 mostra a classe e os QUADROS 33, 34 e 35, seus atributos e métodos.

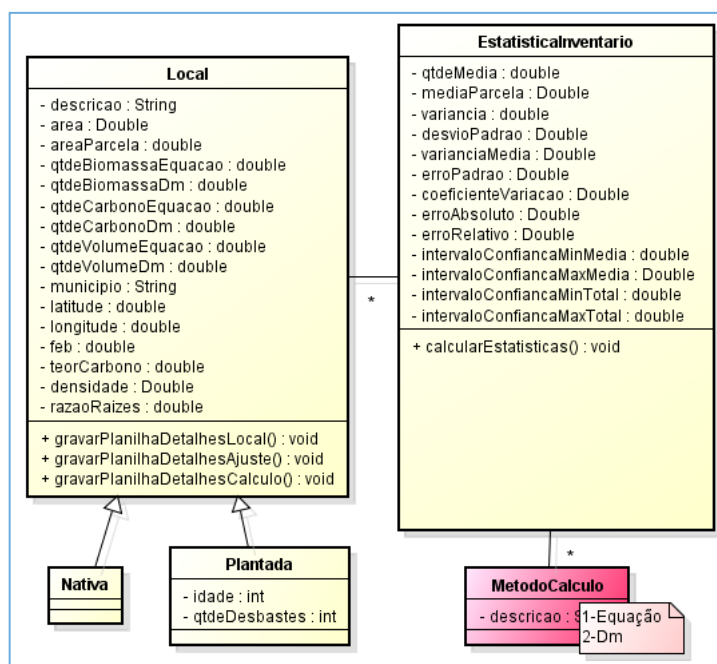


FIGURA 80 – CLASSE ESTATISTICAINVENTARIO

FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos	Objetivo
qtdeMedia	Quantidade média
mediaParcela	Média por Parcela
variancia	Variância
desvioPadrao	Desvio Padrão
varianciaMedia	Variância da Média
erroPadrao	Erro Padrão
coeficienteVariacao	Coeficiente de Variação
erroAbsoluto	Erro Absoluto
erroRelativo	Erro Relativo
intervaloConfiancaMinMedia	Intervalo de Confiança Mínimo da Média
intervaloConfiancaMaxMedia	Intervalo de Confiança Máximo da Média
intervaloConfiancaMinTotal	Intervalo de Confiança Mínimo do Total
intervaloConfiancaMaxTotal	Intervalo de Confiança Máximo do Total

QUADRO 33 – CLASSE ESTATISTICAINVENTARIO - ATRIBUTOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Métodos	Objetivo
calculaEstatisticas	Calcula todas as estatísticas de um inventário realizado num determinado local

QUADRO 34 – CLASSE ESTATISTICAINVENTARIO - MÉTODOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos Associados	Objetivo
metodoCalculo	Contém a referência à classe onde está o método de cálculo utilizado

QUADRO 35 – CLASSE ESTATISTICAINVENTARIO – ATRIBUTOS ASSOCIADOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Classe “ValorPadrao”

Contém os valores, equações e modelos padrões conforme explicados na seção 3.2. A Figura 81 mostra a classe e os QUADROS 36 e 37, seus atributos e métodos.

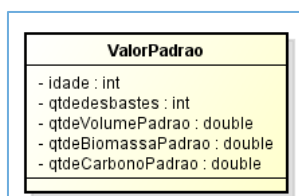


FIGURA 81 – CLASSE VALORPADRAO
FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos	Objetivo
idade	Idade do plantio
qtdeDesbastes	Quantidade de Desbastes
qtdeVolumePadrao	Quantidade de Volume Padrão por unidade de área
qtdeBiomassaPadrao	Quantidade de Biomassa Padrão por unidade de área
qtdeCarbonoPadrao	Quantidade de Carbono Padrão por unidade de área

QUADRO 36 – CLASSE VALORPADRAO - ATRIBUTOS
FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos Associados	Objetivo
formacao	Contém a referência à classe onde está o bioma/formação do local
estagio	Para o caso de floresta nativa, contém a referência à classe onde está o estágio do plantio
genero	Para o caso de floresta plantada, contém a referência à classe onde está o gênero das árvores do local
sitio	Para o caso de floresta plantada, contém a referência à classe onde está o sítio do local
espacamento	Para o caso de floresta plantada, contém a referência à classe onde está o espaçamento do local
equacaoPadrao	Contém a referência à classe onde está a equação padrão do local
modeloPadrao	Contém a referência à classe onde está o modelo padrão do local

QUADRO 37 – CLASSE VALORPADRAO – ATRIBUTOS ASSOCIADOS
FONTE: O AUTOR (2015)

Classe “EquacaoConversao”

Contém as equações de conversão de volume em biomassa e carbono, bem como os parâmetros informados para a conversão. A Figura 82 mostra a classe e os QUADROS 38 e 39, seus atributos e métodos.

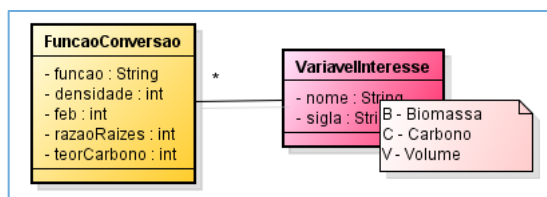


FIGURA 82 – CLASSE FUNCAOCONVERSAO

FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos	Objetivo
equacao	Expressão com a equação de conversão
densidade	Densidade média da madeira
feb	Fator de Expansão da Biomassa
razaoRaizes	Razão de Raízes
teroCarbono	Teor de Carbono

QUADRO 38 – CLASSE FUNCAOCONVERSAO - ATRIBUTOS

FONTE: O AUTOR (2015)

Atributos Associados	Objetivo
variavelInteresse	Contém a referência à classe onde está a variável de interesse da equação de conversão

QUADRO 39 – CLASSE FUNCAOCONVERSAO – ATRIBUTOS ASSOCIADOS

FONTE: O AUTOR (2015)

A descrição das classes no processo de modelagem de um sistema é de grande importância para os profissionais da área de informática. Conhecendo a estrutura das classes e seus atributos e métodos, é possível se ter uma ideia do *software* como um todo, facilita o entendimento de seus programas e dos métodos implementados. Tal conhecimento é necessário quando se deseja realizar alterações no sistema, sejam para introduzir novas funcionalidades ou corrigir falhas nas existentes.

4.3 EXPERIMENTO UTILIZANDO O SOFTWARE JCARBON

Neste tópico serão apresentadas algumas simulações realizadas no *software* JCarbon com o objetivo de mostrar seus resultados do cálculo de volume, biomassa e carbono com dados reais de um local. Foram utilizadas 300 árvores do gênero pinus de 4 a 20 anos de uma área de 18 ha, das quais 100 árvores foram separadas para o ajuste de modelos e ajuste com *Data Mining* e 200 árvores distribuídas em 19 parcelas para as estimativas de volume, biomassa e carbono de todo o local.

Foram ajustados os seguintes modelos e variações do *Data Mining*, conforme QUADRO 40.

Número	Modelo/Variação DM
1	Schumacher
2	Hush
3	Spurr
4	Sanquetta
5	Kopezky
6	DM – 1 V
7	DM – 3 V – 1/d
8	DM – 3 V – 1/d ²
9	DM – 5 V – 1/d
10	DM – 5 V – 1/d ²

QUADRO 40 - MODELOS/VARIAÇÕES DM USADOS NO EXPERIMENTO
FONTE: O AUTOR (2015)

Tais modelos e variações foram descritos nas seções 3.2 – Valores, Equações e Modelos Padrões 3.3 – Utilização de *Data Mining* para estimar volume, biomassa e carbono.

Foram calculadas as estatísticas dos ajustes conforme citadas na seção 3.1.7 QUADRO 8 e do inventário florestal, conforme citadas na seção 3.1.3 QUADRO 6.

A Tabela 7 mostra o modelo, as equações ajustadas e os valores de R^2 e $Syx\%$.

TABELA 7 - RESULTADO DO AJUSTE DO EXPERIMENTO UTILIZANDO O JCARBON

Modelo	Equação Ajustada	R ² Ajust	Syx%
(1)Schumacher	$\exp(-10,2086 + 1,8812 \cdot \ln(dap) + 1,1194 \cdot \ln(h))$	0,9888	9,76
(4)Sanquetta	$0,015 - 0,00004 \cdot dap^2 + 0,00003 \cdot dap^2 \cdot h$	0,9878	10,17
(3)Spurr	$0,0078 + 0,000034 \cdot dap^2 \cdot h$	0,9877	10,21
(9)DM – 5 V – 1/d	-	0,9830	12,02
(10)DM – 5 V – 1/d ²	-	0,9827	12,14
(7)DM – 3 V – 1/d	-	0,9816	12,50
(8)DM – 3 V – 1/d ²	-	0,9812	12,65
(6)DM – 1 V	-	0,9753	14,49
(2)Hush	$\exp(-9,6177 + 2,7061 \cdot \ln(dap))$	0,9527	19,97
(5)Kopezky	$-0,1197 + 0,000941796 \cdot dap^2$	0,9432	21,89

FONTE: O AUTOR (2015)

Os resultados foram apresentados em ordem decrescente do valor de R², ou seja, os modelos foram classificados quanto melhor o resultado de R²Ajust. Pode-se perceber que o modelo de Schumacher, como ocorre em muitos experimentos, foi o que teve melhor desempenho seguido dos modelos de Sanquetta e Spurr.

Os ajustes utilizando *Data Mining*, apesar de não serem superiores, apresentaram resultados muito próximos aos três melhores e a variação usando cinco vizinhos mais próximos com ponderação 1/d² foi ligeiramente superior às demais variações. Vale ressaltar que, os sete primeiros melhores tiveram diferença somente após a terceira casa decimal, indicando uma proximidade muito grande entre os valores.

Após o ajuste, as equações geradas foram usadas para calcular o volume das 200 árvores, obtendo-se o volume de todas as parcelas. Com isso, foi estimado o volume total de todo o local usando as técnicas de inventário florestal. Para isso, foi usada a opção 3 – Tenho o Volume das Parcelas e Desejo Estimar o Local, conforme descrito nas seções 3.1.3 e 4.1.2.

A Tabela 8 mostra as estatísticas dos cálculos com todos os métodos e os totais de volume, biomassa e carbono do local. Vale ressaltar que, os valores da biomassa e carbono foram calculados por meio de equações de conversão, conforme descrito nas seções 3.1.11 e 3.1.12.

TABELA 8 - RESULTADOS DAS ESTIMATIVAS DO EXPERIMENTO USANDO O JCARBON

Estatísticas / Modelo	1	4	3	9	10	7	8	6	2	5
Média Parcela(m ³)	6,81	6,85	6,84	6,35	6,36	6,41	6,40	6,33	6,83	6,69
Variância (m ³ /ha) ²	28,13	28,01	27,77	16,51	16,71	17,50	17,39	16,51	24,50	21,41
Desvio Padrão (m ³ /ha)	5,30	5,29	5,27	4,06	4,09	4,18	4,17	4,06	4,95	4,63
Variância da Média (m ³ /ha) ²	1,40	1,40	1,38	0,82	0,83	0,87	0,87	0,82	1,22	1,07
Erro Padrão (m ³ /ha)	1,18	1,18	1,18	0,91	0,91	0,93	0,93	0,91	1,11	1,03
Coeficiente Variação	0,78	0,77	0,77	0,64	0,64	0,65	0,65	0,64	0,72	0,69
Erro Absoluto (m ³ /ha)	2,49	2,48	2,47	1,91	1,92	1,96	1,96	1,91	2,32	2,17
Erro Relativo	36,54	36,26	36,13	30,01	30,17	30,62	30,59	30,10	33,99	32,44
IC Min Média(m ³)	4,32	4,36	4,37	4,44	4,44	4,45	4,44	4,43	4,51	4,52
IC Máx Média(m ³)	9,30	9,33	9,31	8,26	8,27	8,37	8,35	8,24	9,15	8,86
Volume Total Mínimo(m ³)	1.555,71	1.571,11	1.573,41	1.599,84	1.597,71	1.600,62	1.598,09	1.593,42	1.623,83	1.627,11
Volume Total Máximo(m ³)	3.347,00	3.358,64	3.353,17	2.972,02	2.978,53	3.013,70	3.006,73	2.965,83	3.295,76	3.189,93
Volume Total(m³) Médio	2.451,36	2.464,88	2.463,29	2.285,93	2.288,12	2.307,16	2.302,41	2.279,63	2.459,80	2.408,52
Biomassa Total(t) Média	3.346,10	3.364,55	3.362,40	3.120,29	3.123,28	3.149,27	3.142,79	3.111,69	3.357,62	3.287,63
Carbono Total(t) Médio	1.673,05	1.682,28	1.681,20	1.560,15	1.561,64	1.574,64	1.571,40	1.555,85	1.678,81	1.643,81

FONTE: O AUTOR(2015)

Sob o ponto de vista de agilidade e rapidez nos ajuste e estimativas com a utilização do *software* JCarbon, tal experimento foi de obtenção consideravelmente rápida de todos os resultados comparada com a maneira tradicional que os pesquisadores realizam as estimativas com o uso de planilhas eletrônicas. Entre a preparação das planilhas de entrada, alimentação do *software* com todos os dados

necessários para os cálculos, ajustes e estimativas do local pelos 10 métodos propostos, o experimento teve duração de apenas 20 minutos. Considerando que, o ajuste de modelo normalmente é feito com planilhas eletrônicas como o Microsoft Excel© que, mesmo após construídas, são de utilização relativamente complexa e com risco considerável de ocorrer erro durante a manipulação de células, considerando que foram realizados ajustes em cinco modelos, como também o ajuste por *Data Mining* não é viável quando feito nestas planilhas devido sua complexidade, pode-se concluir portanto, que a utilização do *software* JCarbon agiliza sobremaneira a realização de ajustes e estimativas não só pela rapidez mas, principalmente, pela certeza na exatidão dos cálculos.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou o *software* JCarbon desenvolvido na plataforma *web*, com um banco de dados de locais cadastrados com informações florestais, equações e modelos e propôs diversas alternativas para a realização de estimativas de volume, biomassa e carbono, cobrindo as principais necessidades do usuário.

Os benefícios do trabalho foram:

- A informatização das principais técnicas da área florestal como regressão linear e inventário florestal, reduzindo o tempo de realização destes processos e melhorando a precisão dos resultados;
- Implantação da técnica de *Data Mining* com Classificador Baseado em Instâncias para as estimativas de volume, biomassa e carbono, contribuindo, assim, para que uma nova técnica seja introduzida na área florestal;
- Desenvolvimento de um *software* para *web*, abrindo novas perspectivas de integração de dados e disseminação do conhecimento estudado pela comunidade florestal;
- Construção de um grande banco de dados com locais, equações e modelos aberto para a consulta dos pesquisadores, estudantes, professores, profissionais da área e disponível para que todos cadastrem seus trabalhos científicos.

Pode-se afirmar que este trabalho cumpriu com seus objetivos gerais de desenvolver um *software* a fim de auxiliar efetivamente nos cálculos de volume, biomassa e carbono considerados tão importantes no meio florestal em face à crescente preocupação de se monitorar e mitigar as emissões de gases de efeito estufa emitidos pelas florestas. É importante que novas ferramentas de *software*

sejam desenvolvidas, proporcionando aos processos mais rapidez e precisão, novas técnicas sejam testadas e utilizadas, para que haja maior interação entre a área florestal e outras áreas, principalmente a área da ciência da computação.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para novas perspectivas do trabalho, pode-se sugerir:

- Implementar outros processos de amostragem de inventário florestal além da aleatória simples como por exemplo, Amostragem Estratificada, Sistemática, em Dois Estágios, Conglomerados e Múltiplos Inícios Aleatórios;
- Num novo local, sugerir equações e modelos de locais semelhantes já estudados com o objetivo de fornecer trabalhos que tiveram bons resultados em locais semelhantes;
- Agilizar a comparação dos resultados de simulações com diversas equações, modelos ou *Data Mining* em uma única tela ou planilha;
- Ampliar as opções de consulta dos resultados e produção de gráficos;
- Estudar e incorporar novas técnicas da área da ciência da computação como Redes Neurais e SVM.

REFERÊNCIAS

AHA, D. W.; KIBLER, D.; ALBERT, M. K. **Instance-Based Learning Algorithms**. Kluwer Academic Publishers, 1991. 37-66.

AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. **2nd International Symposium on Information Theory**, Budapest: Akadémiai Kiadó, 2 set. 1971. p. 26.

BARNES, J. D.; KÖLLING, M. **Programação orientada a objetos com Java**. Tradução de Edsib Furmankiewicz e João Luiz Silva Barbosa. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

BARONE, D. **Sociedades Artificiais: A Nova Fronteira da Inteligência nas Máquinas**. 1. ed. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

BECK, K. et al. **Manifesto for Agile Software Development**, 2014. Disponível em: <<http://agilemanifesto.org/>>. Acesso em: 11 fev. 2015.

BELLMAN, E. R. **An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think?** San Francisco: Boyd & Fraser Publishing Company, 1978.

BINOTTI, M. L. M. S. **Emprego de Redes Neurais Artificiais em Mensuração e Manejo Florestal. Tese de Doutorado**. Viçosa-MG: [s.n.], 2012.

BOEHM, B. **A Spiral Model for Software Development and Enhancement**. Computer, 21, n. 5, 1988. 61-72.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **UML - Guia do Usuário**. Tradução de Fábio Freitas da Silva e Cristina de Amorim. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

BOOTSTRAP. BOOTSTRAP. Página oficial do framework, 2015. Disponível em: <<http://getbootstrap.com/getting-started/>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

BOURQUE, P.; FAIRLEY, R. E. **Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, Version 3.0**. IEEE Computer Society. Los Alamitos. 2014.

BRADZIL, P. S. C. C. J. P. **Ranking Learning Algorithms: Using IBL and a Meta-Learning on Accuracy and Time Results**. Kluwer Academic Publishers, 2003. 251-277.

BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach**. [S.l.]: [s.n.], v. ISBN 0-387-95364-7, 2002.

CETEC. **Determinação de equações de volumétricas aplicáveis ao manejo sustentável de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país.** FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. Belo Horizonte. 1995.

CHARNIAK, E.; MCDERMOTT, D. **Introduction to Artificial Intelligence.** Massachusetts: Reading Addison-Wesley, 1985.

CHEN, M.-S.; HAN, J.; YU, P. S. **Data Mining: An Overview from Database Perspective.** [S.l.]: [s.n.], 1996.

DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R. **Quantificação do estoque de carbono fixado em reflorestamentos de Pinus sp. na área de domínio da Floresta Ombrófila Mista no Paraná.** Revista Cerne, Lavras, v. 13, n. 1, 2007.

DEBONI, J. E. Z. **Modelagem Orientada a Objetos com UML.** [S.l.]: Editora Futura, 2009.

DOUBRAWA, B. **Dinâmica da cobertura florestal e dos estoques de carbono na bacia hidrográfica do Rio: 2000 a 2010,** 2013.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2000.** FAO Forestry Paper 140., 2001.

FIGUEIREDO, A. F. et al. **Compêndio de Equações de Volume e de Afilamento de Espécies Florestais Plantadas e Nativas para as Regiões Geográficas do Brasil.** [S.l.]: UFPR, 2014.

GARDNER, R. H.; MANKIN, J. B. **Analysis of biomass allocation in Forest ecosystems of IBP.** Cambridge University: [s.n.], 1981.

GILB, T.; FINZI, S. **Principles of Software Engineering Management.** Reading, MA: Addison-Wesley, 1988.

GILLEANES, T. A. G. **UML – Uma abordagem prática.** [S.l.]: Editora Novatec, 2011.

GLASSFISH. GLASSFISH - Página Oficial, 2015. Disponível em: <<https://glassfish.java.net>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

GROTH, R. **Data Mining, A Hands-on Approach for Business Professionals.** [S.l.]: Prentice-Hall PTR, 1998.

HAUGELAND, J. **Artificial Intelligence: The Very Idea.** Massachusetts: The MIT Press, 1985.

HUSH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest Mensuration**. 3rd.. ed. New York: J. Wiley, 1982. 337 p.

IAP. IAP – Instituto Ambiental do Paraná, 2015. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1208>>. Acesso em: 05 mar. 2015.

IEEE. **IEEE Standards Collection: Software Engineering**. IEEE Standard 610.12-1990, 1993.

IPCC. **IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance for Land Use**, Land-Use Change and Forestry, 2003.

IPCC. **IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Good Practice Guidance** , 2006. Disponível em: <www.ipcc.ch>. Acesso em: 11 jan. 2015.

JACOBSON, I.; BOOCH, G.; RUMBAUGH, J. **The Unified Software Development Process**. Reading: Addison Wesley, 1999.

JANDL JUNIOR, P. **Java: Guia do Programador**. São Paulo: Novatec, 2007.

JEP, J. **JEP Java. Parser em Java**, 2015. Disponível em: <<http://www.singularsys.com/jep/>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

KURZWEIL, R. **The Age of Intelligent Machines**. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1990.

LAAR, A. V.; AKÇA, A. **Forest Mensuration**. 2nd. ed. Gottenberg: Springer, v. 13, 2007. 383 p.

LIMA, A. D. S. **UML 2.3: do requisito à solução**. São Paulo: Érica, 2011.

MACHADO, S. D. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: UFPR, 2003.

MCCARTHY, J. Actions and other events in situation calculus. **Proceedings of KR-2002**, 2002.

MOGNON, F. **Dinâmica do estoque de carbono como serviço ambiental prestado por um fragmento de Floresta Ombrofila Mista Montana localizada no sul do Estado do Paraná**. Dissertação, Curitiba, 2011.

MOGNON, F. et al. **Estimativas de Biomassa para plantas de bambu do gênero Guadua**. Revista Ceres, V.61, n.6, Viçosa, p. 900-906, dez. 2014.

MONARD, M. C.; BARANAUKAS, J. A. **Aplicações de Inteligência Artificial: Uma Visão Geral**. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação de São Carlos, 2000.

NAVEGA, S. C. **Princípios Essenciais do Data Mining. Intelliwise Research and Training**. [S.l.]: [s.n.], 2002.

NERUR, S.; MAHAPATRA, R.; MANGALARAJ, G. **Challenges of migrating to agile methodologies**. Communications of the ACM, 48, n. 5, 2005. 72-78.

NERUR, S.; MAHAPATRA, R.; MANGALARAJ, G. **Challenges of migrating to agile methodologies**. Communications of the ACM, 48, n. 5, 2005. 72-78.

NETBEANS. **NETBEANS. Página oficial do IDE**, 2015. Disponível em: <<https://netbeans.org>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

NEUROFOREST. **NEUROFOREST Home page oficial do software**, 2015. Disponível em: <<http://neuroforest.ucoz.com/news/neuroforest/2013-12-16-16>>. Acesso em: 11 fev. 2015.

OLIVEIRA, V. R. R. P. **Integração de Inventário Florestal e de Recursos Faunísticos num Sistema de Informação**. Lisboa. Portugal: [s.n.], 2004.

ORACLE. **The Java Tutorials**, 2014. Disponível em: <<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/getStarted/intro/index.html>>. Acesso em: 17 fev. 2015.

ORACLE, 2015. Disponível em: <<http://www.oracle.com/index.html>>. Acesso em: 01 abr. 2015.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997. 316 p.

POOLE, D.; MACKWORTH, A. K.; GOEBEL, R. **Computational Intelligence: A Logical Approach**. [S.l.]: Oxford University, 1998.

POPPENDIECK, M.; CUSUMANO, M. A. **Lean software development: A tutorial. Software, IEEE**, v. 29, n. 5, p. 26-32, 2012.

POSTGRESQL. **POSTGRESQL, Página oficial do software**, 2015. Disponível em: <<http://www.postgresql.org>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de Software**. Sexta Edição. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

PRODAN, M. et al. **Mensura Florestal**. Tradução de Claudia Eppelin. San José: Imprenta del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1997. 586 p.

QUEIROZ, W. T. D. **Amostragem em inventário florestal**. Belém: Editora Universidade Federal Rural da Amazônia, 2012. 441 p.

RONDEUX, J. **Forest inventories and biodiversity**. Unasylva: [s.n.], 1999.

RUMBAUGH, J. et al. **Modelagem e Projetos Baseados em Objetos**. 2a. ed. [S.l.]: Editora Campus, 2006.

RUSSEL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. [S.l.]: Editora Elsevier, 2004.

SALATI, E. **Emissão x sequestro de CO₂ - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil**, Rio de Janeiro, 1994.

SANQUETTA, C. R. et al. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. 2a. ed. Curitiba: Multi-Graphic Gráfica e Editora, 2009.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. **Metodologias para Determinação de Biomassa Florestal**, 2004.

SANQUETTA, C. R.; MATTEI, E. **Perspectivas de recuperação e manejo sustentável das florestas de Araucária**. Curitiba: PELD/CNPQ: [s.n.], v. 297p., 2006.

SANQUETTA, C. R.; WOJCIECHOWSKI, J.; CORTE, A. P. D. **On the use of Data Mining for estimating carbon storage in the trees**. Carbon Balance and Management, 2013.

SCHELHAAS, M. J. et al. **CO₂FIX V 3.1 – A modelling framework for quantifying carbon sequestration in forest ecosystems**. Alterra-rapport 1068, Wageningen, Alterra, 2004.

SCHWARZ, G. **Estimating the dimensional of a model**. Annals of Statistics. Hayward, v. 6, n. 2, 1978. p. 461-464.

SILVEIRA, P. **Métodos indiretos de estimativa do conteúdo de biomassa e do estoque de carbono em um fragmento de floresta ombrófila densa**. Tese de Doutorado, UFPR, Curitiba, 2008.

SISEUCALIPTO. **Siseucalipto - Página Oficial**, 2015. Disponível em: <http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo_de_produtos_e_servicos/arvore/CONT000f056pyvb02wx5af00iogrnxrzbzda.html>. Acesso em: 09 abr. 2015.

SISPINUS. **Sispinus - Simulador de crescimento e produção de Pinus**, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/1485/sis-pinus---simulador-de-crescimento-e-producao-de-pinus>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

TAN, P. N.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. **Introduction to Data Mining**. [S.l.]: Editora Ciência Moderna, 2009.

TAYLOR, J. **Managing Information Technology Projects: Applying Project Management Strategies to Software**. [S.l.]: Editora Amacom Books, 2003.

THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. Apache Commons. **Apache Commons**, 2013. Disponível em: <<http://commons.apache.org/>>. Acesso em: 01 mar. 2015.

THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. Apache Commons Math, Release 3.3. **Apache Commons Math**, 2013. Disponível em: <<http://commons.apache.org/proper/commons-math/index.html>>. Acesso em: 01 mar. 2015.

THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. The Apache POI Project. **Apache POI - the JAVA API for Microsoft Documents**, 2014. Disponível em: <<http://poi.apache.org/>>. Acesso em: 17 mar. 2014.

TIOBE SOFTWARE. **TIOBE Index for March 2015**, 2015. Disponível em: <<http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/index.html>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

VARAJÃO, J. **A Arquitetura da gestão de Sistemas de Informação**. [S.l.]: Editora de Informática, 2000.

VERES, Q. J. I. **Fitossociologia, dinâmica e biomassa de um fragmentada Floresta Estacional Semidecidual - Paraná**. Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati-PR. 2012.

WANDRESEN, R. R. **Software Educacional para o ensino de Inventário Florestal. Tese de Doutorado**. Curitiba: UFPR, 2014.

WATZLAWICK, L. F. et al. Fixação de Carbono em Floresta Ombrófila Mista em diferentes estágios de regeneração. In: SANQUETTA, C. R., et al. **As Florestas e o Carbono**. 1a. ed. Curitiba: [s.n.], v. 1, 2002. Cap. 8, p. 153 - 173.

WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. **Statistics for evaluation and comparisons of models**. Journal of Geophysical Research, Ottawa, v.90, n.C5., 1985. p.8995-9005.

WOJCIECHOWSKI, J. et al. **Estimativa de Volume de árvores utilizando Mineração de Dados com Classificadores Baseados em Instância**. In: CORTE, A. P. D. **Atualidades em Mensuração Florestal**. Curitiba: UFPR, 2014. p. 332-335.

APÊNDICE A

Os valores a seguir se referem ao banco de dados do *software* JCarbon com os valores padrões por características do local das informações de volume, biomassa e carbono.

VALORES PADRÕES IDADE ATÉ 20 ANOS - PINUS

Sítio	Espaçamento (mxm)	Idade (anos)	Volume (m ³ /ha)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)
Ruim(20)	2x2,5	1	0,00	0,00	0,00
		2	0,50	0,68	0,28
		3	6,50	7,16	2,94
		4	23,50	22,45	9,21
		5	51,70	44,37	18,19
		6	88,40	69,63	28,55
		7	131,00	96,06	39,39
		8	176,90	122,04	50,04
		9	224,50	146,84	60,21
		10	272,50	170,02	69,71
		11	319,70	191,20	78,39
		12	365,30	210,25	86,20
		13	408,70	227,13	93,12
		14	449,50	241,87	99,17
		15	487,40	254,54	104,36
		16	522,20	265,24	108,75
		17	553,90	274,11	112,39
		18	582,50	281,31	115,34
		19	608,00	286,94	117,65
		20	630,60	291,20	119,39
Ruim(20)	3x2	1	0,00	0,00	0,00
		2	0,50	0,68	0,28
		3	5,60	6,17	2,53
		4	20,60	19,68	8,07
		5	45,90	39,40	16,15
		6	79,10	62,30	25,54
		7	117,70	86,31	35,39
		8	159,70	110,17	45,17
		9	203,40	133,04	54,55
		10	247,80	154,61	63,39
		11	291,90	174,58	71,58
		12	335,00	192,81	79,05
		13	376,50	209,23	85,79
		14	416,10	223,90	91,80
		15	453,40	236,79	97,08

		16	488,30	248,02	101,69
		17	520,60	257,63	105,63
		18	550,40	265,81	108,98
		19	577,60	272,60	111,76
		20	602,40	278,18	114,05
Bom(22)	2x2,5	1	0,00	0,00	0,00
		2	0,80	1,09	0,45
		3	9,30	10,24	4,20
		4	32,50	31,05	12,73
		5	69,70	59,82	24,53
		6	117,00	92,15	37,78
		7	170,70	125,18	51,32
		8	227,80	157,15	64,43
		9	286,00	187,07	76,70
		10	343,60	214,38	87,90
		11	399,30	238,81	97,91
		12	452,20	260,27	106,71
		13	501,80	278,87	114,34
		14	547,70	294,71	120,83
		15	589,80	308,02	126,29
		16	627,90	318,92	130,76
		17	662,10	327,66	134,34
		18	692,70	334,53	137,16
		19	719,80	339,71	139,28
		20	743,70	343,43	140,81
Bom(22)	3x2	1	0,00	0,00	0,00
		2	0,70	0,95	0,39
		3	8,10	8,92	3,66
		4	28,70	27,42	11,24
		5	62,10	53,30	21,85
		6	105,10	82,78	33,94
		7	154,30	113,15	46,39
		8	206,90	142,73	58,52
		9	260,90	170,65	69,97
		10	314,90	196,48	80,56
		11	367,80	219,97	90,19
		12	418,70	240,99	98,81
		13	467,00	259,53	106,41
		14	512,50	275,77	113,07
		15	554,80	289,74	118,79
		16	593,90	301,65	123,68
		17	629,80	311,67	127,79
		18	662,50	319,94	131,18
		19	692,20	326,68	133,94
		20	718,90	331,98	136,11
Ótimo(24)	2x2,5	1	0,00	0,00	0,00

		2	1,20	1,63	0,67
		3	12,90	14,21	5,83
		4	43,30	41,37	16,96
		5	90,60	77,76	31,88
		6	149,60	117,83	48,31
		7	215,20	157,81	64,70
		8	283,80	195,79	80,27
		9	352,50	230,57	94,53
		10	419,40	261,68	107,29
		11	483,20	288,99	118,49
		12	543,00	312,53	128,14
		13	598,30	332,50	136,32
		14	649,00	349,22	143,18
		15	694,90	362,91	148,79
		16	736,30	373,98	153,33
		17	773,30	382,69	156,90
		18	806,10	389,29	159,61
		19	835,20	394,17	161,61
		20	860,70	397,46	162,96
Ótimo(24)	3x2	1	0,00	0,00	0,00
		2	1,00	1,36	0,56
		3	11,30	12,45	5,10
		4	38,40	36,69	15,04
		5	81,20	69,69	28,57
		6	135,10	106,41	43,63
		7	195,50	143,36	58,78
		8	259,30	178,88	73,34
		9	323,80	211,79	86,84
		10	387,50	241,78	99,13
		11	448,90	268,48	110,07
		12	507,30	291,98	119,71
		13	562,20	312,43	128,10
		14	613,30	330,01	135,30
		15	660,40	344,89	141,41
		16	703,60	357,37	146,52
		17	743,00	367,69	150,75
		18	778,70	376,06	154,19
		19	811,00	382,75	156,93
		20	840,10	387,95	159,06

APÊNDICE B

VALORES PADRÕES IDADE ATÉ 20 ANOS - EUCALIPTO

Sítio	Espaçamento (mxm)	Idade (anos)	Volume (m ³ /ha)	Biomassa (t/ha)	Carbono (t/ha)
Ruim(20)	2x2,5	1	0,40	0,79	0,33
		2	8,00	10,86	4,45
		3	25,60	28,20	11,56
		4	48,00	45,87	18,80
		5	71,50	61,37	25,16
		6	94,60	74,51	30,55
		7	116,30	85,28	34,97
		8	136,40	94,10	38,58
		9	154,60	101,12	41,46
		10	171,10	106,76	43,77
		11	185,70	111,06	45,54
		12	198,70	114,36	46,89
		13	210,20	116,82	47,89
		14	220,30	118,54	48,60
		15	229,00	119,59	49,03
		16	236,60	120,17	49,27
		17	243,20	120,35	49,35
		18	248,80	120,15	49,26
		19	253,60	119,69	49,07
		20	257,60	118,96	48,77
Ruim(20)	3x2	1	0,30	0,60	0,24
		2	6,90	9,36	3,84
		3	22,30	24,56	10,07
		4	42,10	40,23	16,49
		5	63,20	54,24	22,24
		6	83,90	66,08	27,09
		7	103,60	75,97	31,15
		8	122,00	84,16	34,51
		9	138,80	90,79	37,22
		10	154,20	96,21	39,45
		11	168,10	100,54	41,22
		12	180,60	103,95	42,62
		13	191,80	106,59	43,70
		14	201,80	108,59	44,52
		15	210,70	110,04	45,12
		16	218,50	110,98	45,50
		17	225,40	111,55	45,73
		18	231,40	111,75	45,82
		19	236,70	111,71	45,80
		20	241,30	111,43	45,69

Bom(22)	2x2,5	1	0,50	0,99	0,41
		2	11,10	15,06	6,18
		3	34,30	37,78	15,49
		4	62,90	60,10	24,64
		5	92,50	79,39	32,55
		6	121,00	95,30	39,07
		7	147,40	108,09	44,32
		8	171,40	118,24	48,48
		9	192,90	126,17	51,73
		10	212,00	132,27	54,23
		11	228,90	136,90	56,13
		12	243,80	140,32	57,53
		13	256,70	142,66	58,49
		14	268,00	144,21	59,13
		15	277,80	145,08	59,48
		16	286,30	145,42	59,62
		17	293,50	145,25	59,55
		18	299,70	144,74	59,34
		19	305,00	143,94	59,02
		20	309,50	142,92	58,60
Bom(22)	3x2	1	0,40	0,79	0,33
		2	9,60	13,03	5,34
		3	30,00	33,05	13,55
		4	55,50	53,03	21,74
		5	82,10	70,46	28,89
		6	107,90	84,99	34,84
		7	132,10	96,87	39,72
		8	154,40	106,52	43,67
		9	174,60	114,20	46,82
		10	192,90	120,36	49,35
		11	209,20	125,12	51,30
		12	223,80	128,81	52,81
		13	236,80	131,60	53,96
		14	248,30	133,61	54,78
		15	258,40	134,95	55,33
		16	267,40	135,82	55,69
		17	275,20	136,19	55,84
		18	282,10	136,24	55,86
		19	288,10	135,97	55,75
		20	293,30	135,44	55,53
Ótimo(24)	2x2,5	1	0,80	1,59	0,65
		2	14,80	20,08	8,23
		3	44,40	48,91	20,05
		4	79,80	76,25	31,26
		5	115,60	99,22	40,68
		6	149,50	117,75	48,28

		7	180,50	132,36	54,27
		8	208,20	143,63	58,89
		9	232,80	152,27	62,43
		10	254,50	158,79	65,10
		11	273,50	163,57	67,06
		12	290,00	166,91	68,43
		13	304,40	169,17	69,36
		14	317,00	170,57	69,94
		15	327,80	171,19	70,19
		16	337,20	171,27	70,22
		17	345,30	170,88	70,06
		18	352,20	170,09	69,74
		19	358,20	169,05	69,31
		20	363,20	167,72	68,77
Ótimo(24)	3x2	1	0,60	1,19	0,49
		2	12,90	17,50	7,18
		3	39,00	42,96	17,61
		4	70,70	67,56	27,70
		5	103,10	88,49	36,28
		6	134,20	105,70	43,34
		7	162,90	119,46	48,98
		8	189,10	130,45	53,49
		9	212,60	139,06	57,01
		10	233,60	145,75	59,76
		11	252,30	150,89	61,87
		12	268,80	154,71	63,43
		13	283,50	157,55	64,60
		14	296,50	159,54	65,41
		15	307,90	160,80	65,93
		16	318,00	161,52	66,22
		17	326,80	161,73	66,31
		18	334,60	161,59	66,25
		19	341,40	161,12	66,06
		20	347,40	160,42	65,77